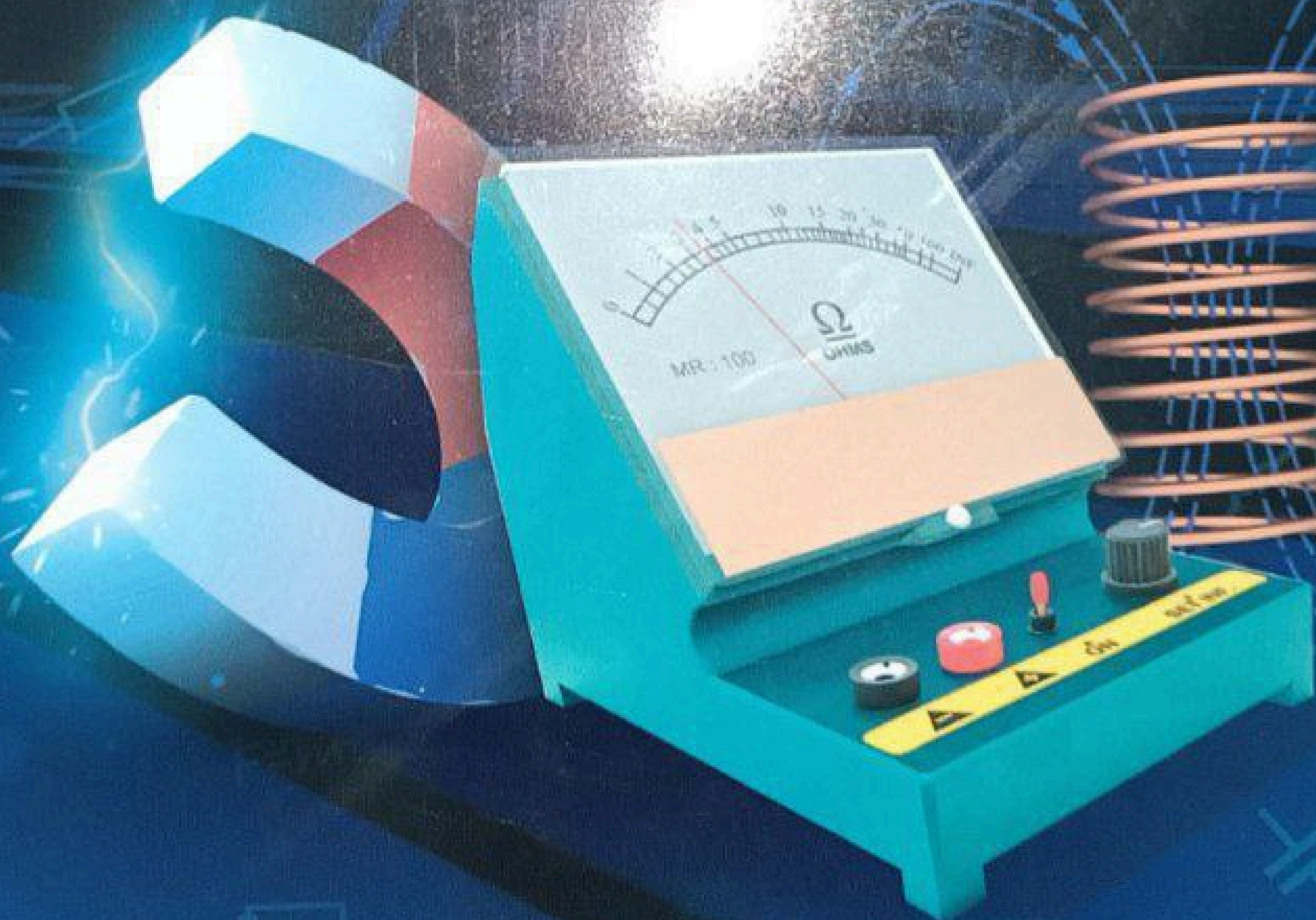
لا أبردُ حتّى أبلُغَ

في

الفيزياء

الكهربية



الأستاذ

محمد عبد المعبود

للثانوية العامة

2024

معلـــومات تهمك

١) الكميات الفيزيائية تنقسم إلى كميات أساسية وأخرى مشتقة منها.

٢) نستخدم في دراسة الفيزياء وحدات قياس محددة (النظام الدولي للقياس).

٣) الكميات الأساسية:

قوة الإضاءة	كمية المادة	درجة الحرارة	الشحنة الكهربية	الزمن	الكتلة	الطول
Candela	mole	K	C	sec	Kg	m

٤) عند حل المسائل سنجد كثيرًا من البادئات القياسية المستخدمة قبل الوحدات ولا بد من تحويلها إلى النظام الدولي كما يلي:

مثال	القوة (الأس)	المضروب فيه	الرمز	البادئة
femtosecond (fs)	10^{-15}	0.000000000000001	f	femto
picometer (pm)	10^{-12}	0.000000000001	P	pico
nanometer (nm)	10^{-9}	0.000000001	n	nano
microgram (μg)	10^{-6}	0.000001	μ	micro
milliamps (mA)	10^{-3}	0.001	m	milli
centimeter (cm)	10^{-2}	0.01	c	centi
decileter (dL)	10^{-1}	0.1	d	deci
Kilometer (km)	10^{3}	1000	k	kilo
megagram (Mg)	10^{6}	1000,000	M	mega
gegameter (Gm)	10^{9}	1000,000,000	G	gega
terahertz (THz)	10^{12}	1000,000,000,000	T	tera

٥) ولكثرة كميات الفيزياء نستخدم لكل كمية رمز عبارة عن حرف لاتيني أو إغريقي ولا بد من التعرف عليها.

٦) بعض الثوابت الهامة:

Letter name	Uppercase	Lowercase	Letter name	Uppercase	Lowercase
Alpha	Α	α	Nu	Ν	ν
Beta	Β	β	Xi	Ξ	ξ
Gamma	Γ	γ	Omicron	Ο	ο
Delta	Δ	δ	Pi	Π	π
Epsilon	Ε	ε	Rho	Ρ	ρ
Zeta	Ζ	ζ	Sigma	Σ	σ
Eta	Η	η	Tau	Τ	τ
Theta	Θ	θ	Upsilon	Υ	υ
Iota	Ι	ι	Phi	Φ	φ
Kappa	Κ	κ	Chi	Χ	χ
Lambda	Λ	λ	Psi	Ψ	ψ

٦) بعض المساحات والحجوم الهامة:

الأشكال المستوية ثنائية الأبعاد	المساحة	المجسمات ثلاثية الأبعاد	مساحة جميع الأوجه	الحجم
المربع	a×a or a^2	المكعب	$6\times a^2$	a×a×a or a^3
المستطيل	w×h	المنشور	2×ba+6×la	ba×h
المثلث	0.5×b×h	الهرم الرباعي	ba+4×la	1/3×ba×h
الدائرة	$\pi\times r^2$	الكرة	$4\times\pi\times r^2$	$4/3\times\pi\times r^3$
الشكل البيضاوي	π×a×b	الإسطوانة	$2\pi rh+2\pi r^2$	$\pi\times r^2\times h$

المحاضرة الأولي

مقدمة عن الكهربية التيارية

محتويات المحاضرة

- الكولوم
- الكهربية التيارية
- التيار الكهربي
- المقاومة الكهربية
- اتجاه التيار الكهربي
- شدة التيار الكهربي

التـــجربة

دلْك ساق من الزجاج بقطعة من الحرير ثم قرِّب الزجاج من قصاصات الورق

المشاهدة والتفسير

تتجاذب قصاصات الورق إلى قطعة الزجاج

عند احتكاك قطعة الزجاج بالحرير انتقلت بعض الإلكترونات إلى قطعة الحرير تاركةً خلفهاشحنات موجبة ساكنة على قطعة الزجاج لها مجال يجذب القصاصات

أي يكون الحرير مشحون بشحنة سالبة مقدارها شحنة الإلكترون الواحد × عدد الإلكترونات،والزجاج مشحون بشحنة موجبة مقدارها شحنة الإلكترون الواحد × عدد الإلكترونات

شحنة الإلكترون × عدد الإلكترونات = الشحنة الكهربية الكلية

$qe \equiv e$

$$Q = N \times qe$$

$$1C = 6.25 \times 10^{18} qe$$

مقدار ثابت

$$\therefore qe = e = \frac{1}{6.25 \times 10^{18}} = 1.6 \times 10^{-19} C$$

وحدة قياس الكمية الكهربية "الشحنة الكهربية" في النظام الدولي SI هي الكولوم.

مثـــال

إذا كان عدد الإلكترونات يساوي 18.75×10^{18} e احسب الكمية الكهربية.

$$Q = N.e = 18.75 \times 10^{18} \times 1.6 \times 10^{-19} = 3 C$$

المثال السابق يوضح الكهربية الاستاتيكية والتي تهتم بدراسة الشحنات الساكنة، وهي ليست موضوع دراستنا هذه السنة

أما موضوع دراستنا هذه السنة هي الكهربية التيارية "**الكهربية الديناميكية**"

الكهـــربية التيارية

الكهربية التيارية

هي الكهربية التي تتضمن دراسة حركة الشحنات الكهربية ف

إذا أردنا الفهم الصحيح للكهربية التيارية فإن الجملة السابقة
بمجرد إجابتنا على تلك الأسئلة نكون قد توصلنا إلى المفهوم كهربية التيارية

الشحنات الكهربية

ما هي تلك الشحنات؟
هل هي جزيئات؟ ذرات؟ إلكترونات؟

- تلك الشحنات هي الإلكترونات الحرة التي تحررت من الغلاف الخارجي لبعض ذرات الفلز دون أن تخرج خارج الفلز

أي أن: حركة الإلكترونات هي التي ينشأ عنها مرور تيار كهربي

الحركـــة

علمنا أن التيار الكهربي ينشأ من حركة الإلكترونات
هل تلك الإلكترونات قادرة على الحركة مفردها؟

لا / فالإلكترونات لا تملك الحركة وإنما تُحرَّك بواسطة مضخة تسمى البطارية
إن كلمة مضخة لا تعني أنها مصدر للإلكترونات ، ومن يعتقد ذلك نرد عليه بالأسئلة التالية: هل مضخة الماء "الموتور" هي مصدر الماء؟ هل القلب هو مصدر الدم؟

بالطبع لا /فكلاهما يسحب السائل من جهة ويضخه في الجهة الأخرى...كذلك الأمر في البطارية فإنه يحدث بداخلها تفاعلات كيميائية فتدفع الإلكترونات داخل الموصل
أي أن البطارية تسحب الإلكترونات من جهة وتدفعها للجهة الأخرى

المواد الموصلة

علمنا أن التيار الكهربي ينشأ عن حركة الإلكترونات الحرة الموجودة في الفلز
مثل: النحاس

النحاس موصل جيد للكهرباء ؟! علل

- لأن النحاس فلز يحتوي على وفرة من الإلكترونات الحرة في الفلز يسهل تحريكها فينشأ عن حركتها مرور تيار كهربي.

في

إن كلمة "في" لا تعني أن الموصل أشبه بماسورة الماء مجوف.

هل وجدت سلك توصيل مجوف؟

وكلمة "في" أيضًا بالطبع لا تعني أن الإلكترونات تسير فوق سطح الفلز، فماذا تعني؟

سلك الموصل يحتوي على ذرات بينها فراغات تستطيع الإلكترونات المرور خلالها.

تلك الذرات تتحرك حركة اهتزازية في مكانها فتصطدم بإلكترونات التيار أثناء مرورها فتعيقها جزئيًا من المرور بسرعة وذلك ما يُسمى بالمقاومة الكهربية.

ملاحظــات

- الغاز المتأين يوصل الكهرباء عن طريق أيونات موجبة وإلكترونات
- السائل الإلكتروليتي يوصل الكهرباء عن طريق أيونات موجبة وأيونات سالبة
- المعادن توصل الكهرباء عن طريق الإلكترونات حرة فقط
- تزداد التوصيلية الكهربية من معدن لآخر بزيادة تركيز الإلكترونات الحرة(تركيز الإلكترونات الحرة) هو عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في المتر المكعب $n=\frac{N}{Vol}$
- تركيز الإلكترونات الحرة يختلف من معدن لآخر، وكلما زاد تركيز الإلكترونات الحرة زادت قدرة المعدن على التوصيل الكهربي؛ لذلك النحاس موصل جيد للكهرباء

التيار الكهربي

هو فيض من الشحنات يسري خلال الموصل

عرف

شروط مرور الشحنات خلال الموصل

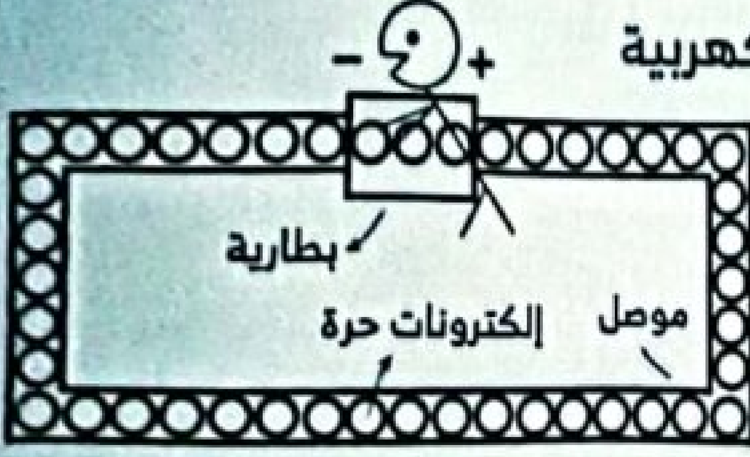
-أن تكون المادة التي تنتقل خلالها الشحنات هى مادة موصلة للكهرباء

- أن المادة تكون واصلة بين نقطتين بينهم فرق في الضغط

شروط مرور التيار في دائرة كهربية

- وجود مسار مغلق تتحرك فيه الإلكترونات

- وجود قوة دافعة كهربية



المقاومة الكهربية

المقاومة الكهربية

هى الممانعة التي يلقاها التيار الكهربي أثناء مروره في موصل

عرف

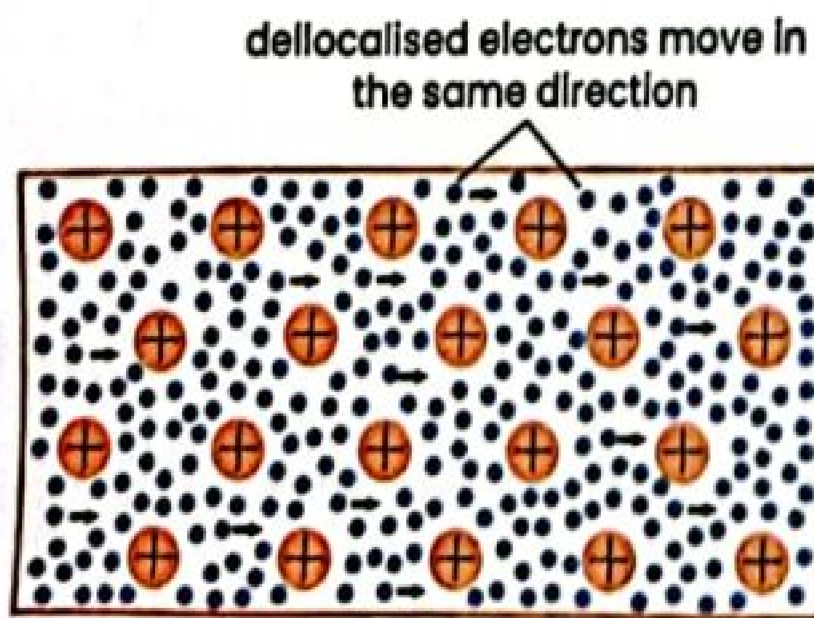
وتزداد سعة الحركة الاهتزازية لتلك الجزيئات (الموصلات) بزيادة درجة الحرارة فيزداد معدل التصادمات بينها وبين الإلكترونات فتزداد المقاومة

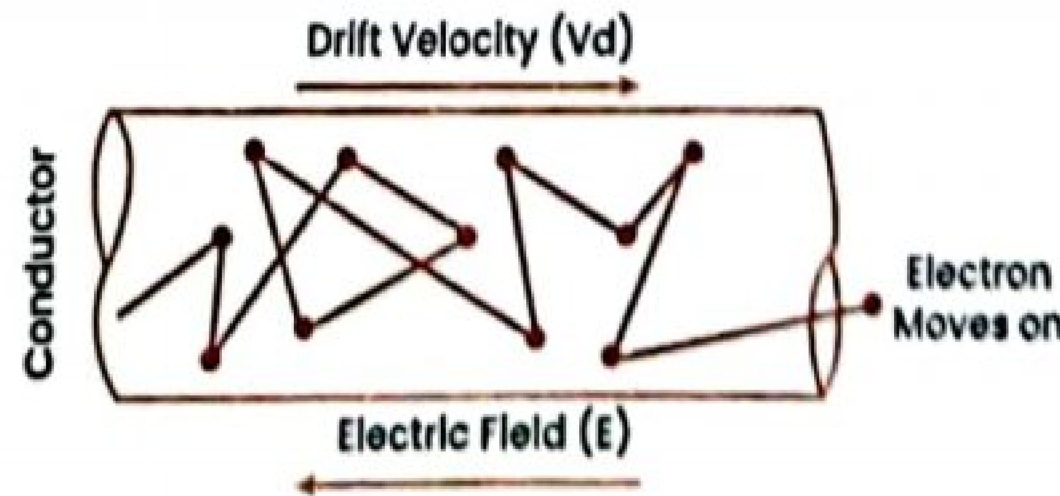
لاحظ!!

تُقاس المقاومة الكهربية بوحدة الأوم(Ω)

!؟ علل تزداد مقاومة موصل بزيادة درجة الحرارة؟

لأن بزيادة درجة الحرارة تزداد طاقة الجزيئات فتزداد سعة الحركة الاهتزازية لها فيزداد معدل التصادمات مع إلكترونات التيار فتزداد المقاومة





الآن يمكنك تفسير تلك الجملة (الكهربية التيارية هي الكهربية التي تتضمن دراسة حركة الشحنات الكهربية في المواد الموصلة)

التيار الكهربي واتجاهه

التيار الكهربي

هو فيض من الشحنات الكهربية تسري خلال الموصلات من نقطة لأخرى

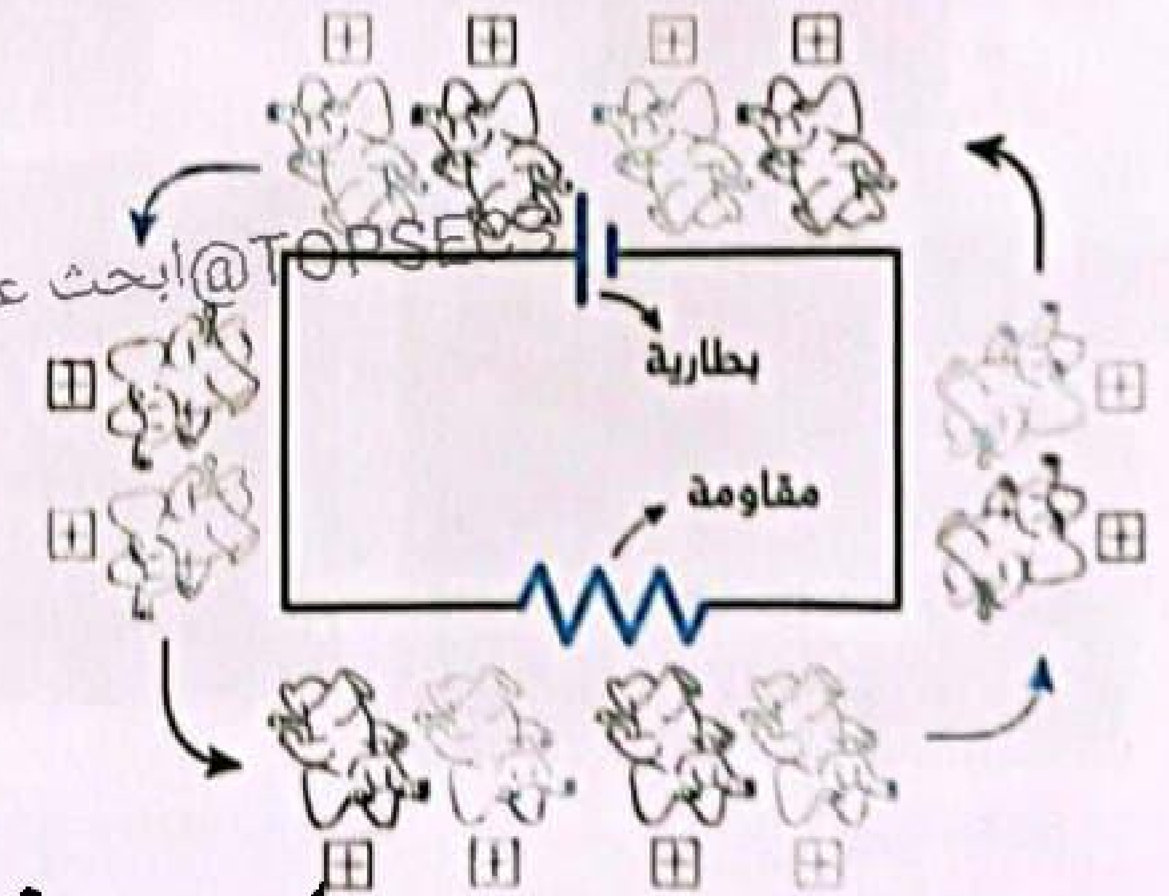
عرف

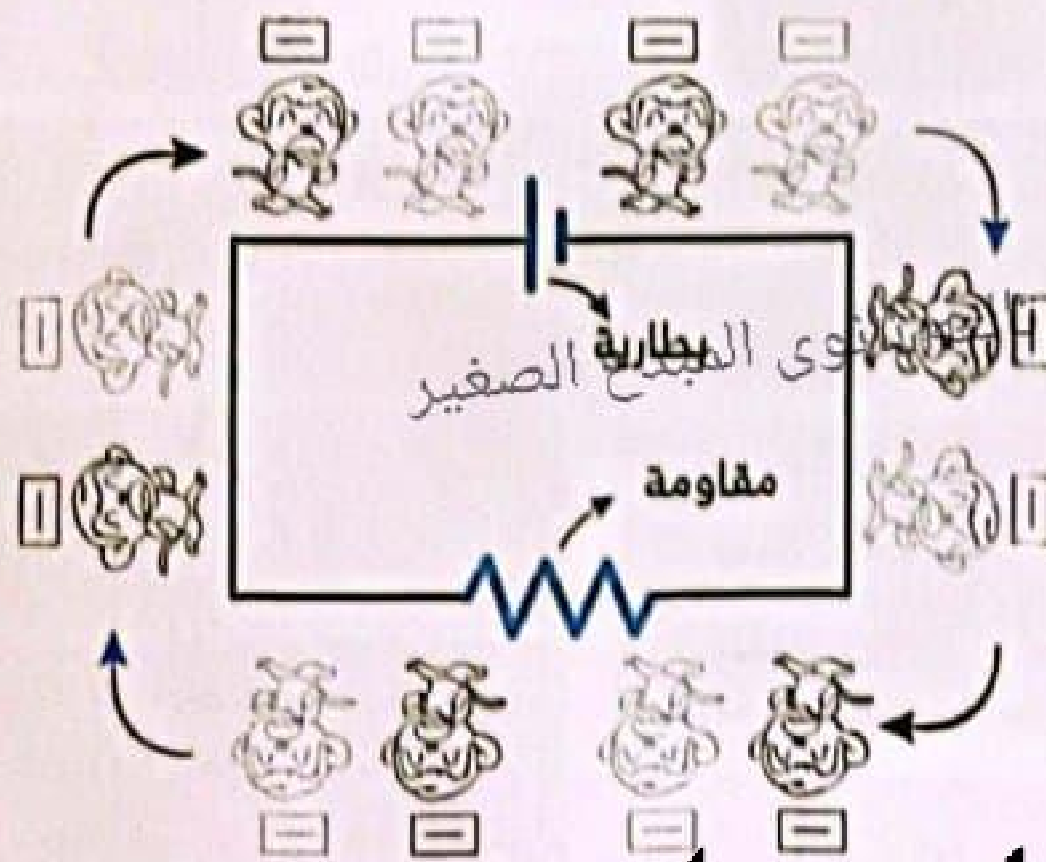
مقـــــارنة

للتيار الكهربي اتجاهان مختلفان لفظاً، متشابهان معناً

قارن

الاتجاه التقليدي أو الإصطلاحي (القديم)	الاتجاه الفعلي أو الإلكتروني (الحديث)
اتجاه الشحنات الموجبة من القطب الموجب إلى القطب السالب خارج البطارية (داخل الموصل) أي اتجاه حركة الشحنات الموجبة من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل البطارية	اتجاه الشحنات السالبة (الإلكترونات) من القطب السالب إلى القطب الموجب خارج البطارية (داخل الموصل) أي اتجاه حركة الشحنات السالبة من القطب الموجب إلى القطب السالب داخل البطارية.





ملاحظات

- لا يتعارض مفهوم الفيزياء الكلاسيكية (الاتجاه الإصطلاحي) مع مفهوم الفيزياء الحديثة (الاتجاه الفعلي) في تفسير اتجاه التيار الكهربي. علل ؟! لأن حركة الإلكترونات السالبة في اتجاه = حركة شحنات موجبة في عكس الاتجاه
- أي الاتجاهين سنستخدم في دراستنا القادمة؟
  - اصطلح العلماء أن يُستخدم الاتجاه الاصطلاحي في دراسة الدوائر الكهربية

تعلموا العلم وعلموه الناس وتعلموا الوقار والسكينة وتواضعوا لمن تعلمتم منه ولمن علمتموه ولا تكونوا جبابرة العلماء فلا يقوم جهلكم بعلمكم - عمر بن الخطاب

شدة التيار الكهربي

التمهيـد

للحكم على شدة تيار ماء يخرج من صنبور يجب معرفة كمية الماء الخارجة منه مقارنة بالزمن المستغرق بالمثل؛ للحكم على شدة التيار الكهربي يجب معرفة كمية الكهربية المارة والزمن اللازم لذلك فنستنتج أن:

شدة التيار الكهربي

- النسبة بين كمية الشحنة الكهربية المارة عبر مقطع معين من الموصل إلى زمن مرورها أو/ - مقدار الشحنة الكهربية المارة عبر مقطع معين من الموصل خلال زمن قدره 1ث أو/ - معدل سريان الشحنات الكهربية عبر مقطع معين من الموصل $I=\frac{Q}{t}$

- لتعريف الأمبير نستعين بالقاعدة التالية : "الوحدة هي كميتها عندما تكون باقي الكميات تساوي واحد

الأمبير

هو شدة التيار الكهربي الناتج عن مرور كمية كهربية بمعدل 1 كولوم كل ثانية

عرف

الكولوم

هو كمية الكهربية التي عند مرورها خلال مقطع موصل في زمن قدره 1ث ينتج عنها تيار كهربي شدته 1 أمبير

عرف

شدة التيار الكهربي وتقاس بالأمبير

$I=\frac{Q}{t}$

هي كمية الكهربية (Q) بالكولوم المارة عبر مقطع معين من موصل في زمن قدره 1ث.

لو قالك احسب معدل مرور الشحنات: $\frac{Q}{t}$ ← وحدتها (c/s)

تتوقف كمية الشحنة الكهربية على شدة التيار وزمن المرور بمعنى ؟ كل ما يزيد التيار أو الزمن تزداد الشحنة.

$I=\frac{Nq_e}{t}$

N هو ← عدد الالكترونات المارة. ← عدد الدورات التي يصنعها الالكترون

لو قالك احسب معدل مرور الالكترونات: $\frac{N}{t}=\frac{I}{e}$ ← وحدتها (e/s)

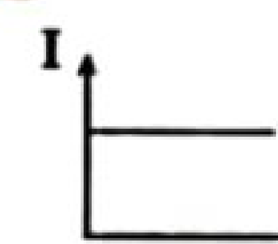
$I=\frac{Nq_eV}{2\pi r}$

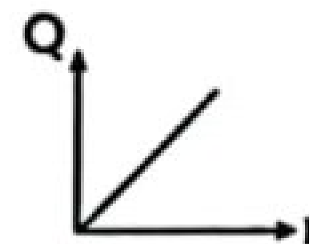
مثلا لو قالك --> يدور الكترون في مسار دائري بسرعة ..... متر/ث في مسار دائري قطره ......
حيث V --> هي السرعة الخطية اللي بيتحرك بيها الالكترون، r --> هو نصف قطر المسار الدائري.

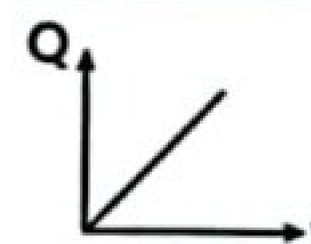
$I= neVA$

بنـك المعـرفة

- n ← الكثافة العددية للالكترونات أو (عدد الالكترونات الحرة).
- e ← شحنة الالكترون.
- V ← السرعة الانجرافية للالكترون.
- A ← مساحة مقطع الموصل







مثـــال (1)

احسب شدة التيار الناتجة عن مرور 12mc خلال 4µsec

$$I=\frac{Q}{t}=\frac{12\times10^{-3}}{4\times10^{-6}}=3000\text{ A}$$

مثـــال (2)

احسب شدة التيار الناتجة عن مرور 1.25×10^{20}e في زمن قدره 5sec

$$I=\frac{Q}{t}=\frac{N.e}{t}=\frac{1.25\times10^{20}\times1.6\times10^{-19}}{5}=4\text{ A}$$

مثـــال (3)

احسب شدة التيار الناتج عن مرور 6×10^{6}e خلال 0.1 min

$$I=\frac{Q}{t}=\frac{N.e}{t}=\frac{6\times10^{6}\times1.6\times10^{-19}}{0.1\times60}=1.6\times10^{-13}\text{ A}$$

مثال (4)

إذا كان معدل مرور الإلكترونات e 1.575×10^{23} في الساعة. احسب شدة التيار الكهربي.

$$I=\frac{Q}{t}=\frac{N.e}{t}=\frac{1.575\times10^{23}\times1.6\times10^{-19}}{60\times60}=7\,A$$

مثال (5)

إلكترون ذرة الهيدروجين يصنع 3.75×10^{14} دورة في الدقيقة. احسب شدة التيار الناتجة.

بمثابة مرور 3.75×10^{14} إلكترون خلال زمن قدره 60 ثانية

$$I=\frac{Q}{t}=\frac{N.e}{t}=\frac{3.75\times10^{14}\times1.6\times10^{-19}}{60}=1\times10^{-6}\,A=1\mu A$$

مثال (6)

سلك تياره 3.2mA احسب معدل مرور الإلكترونات خلال مقطعه.

$$\text{معدل مرور الإلكترونات}=\frac{N}{t}=\frac{I}{qe}=\frac{3.2\times10^{-3}}{1.6\times10^{-19}}=2\times10^{16}\,e/sec$$

مثال (7)

شحنة قدرها 2×10^{-9} C تدور في دائرة نصف قطرها 4cm بسرعة قدرها 80 m/sec احسب شدة التيار الناتج بالمللي أمبير.

$$x=2\pi r\quad,\quad t=\frac{x}{v}$$

$$\therefore I=\frac{Q}{t}=\frac{Qv}{x}=\frac{Qv}{2\pi r}=\frac{2\times10^{-9}\times80}{2\times\frac{22}{7}\times4\times10^{-2}}=6.36\times10^{-7}\,A\xrightarrow{\times10^{3}}=6.36\times10^{-4}\,mA$$

مثال (8)

شحنة قدرها 5nC تدور في دائرة بسرعة قدرها 18 Rad/sec احسب شدة التيار الناتج بالمللي أمبير.

(ملحوظة: $\text{السرعة الزاوية}=\omega=2\pi f=\frac{v}{r}$ Rad/sec)

$$\therefore I=\frac{Q}{t}=\frac{Qv}{x}=\frac{Qv}{2\pi r}=\frac{Q\omega}{2\pi}=\frac{5\times10^{-9}\times18}{2\times\frac{22}{7}}=1.43\times10^{-8}\,A=1.43\times10^{-5}\,mA$$

مثال (9)

يمر تيار شدته 1.4A في سلك من النحاس بواسطة الإلكترونات الحرة مساحة مقطع السلك $2.5\times10^{-6}\,m^2$ ، أوجد السرعة المتوسطة التي يتحرك بها الإلكترونات خلال السلك علماً بأن ($n_{\text{نحاس}}=8.46\times10^{28}\,m^{-3}$).

$$\therefore I=n.e.v.A\rightarrow v=\frac{I}{n.e.A}=\frac{1.4}{8.46\times10^{28}\times1.6\times10^{-19}\times2.5\times10^{-6}}=4.14\times10^{-5}\,m/sec$$

المحاضرة الثانية

قانون أوم والقدرة الكهربية

محتويات المحاضرة

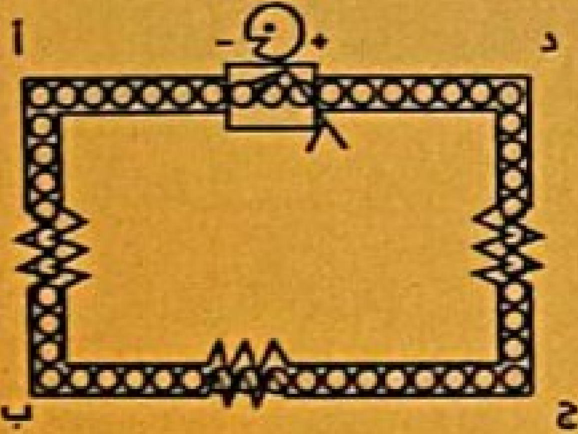
- مراجعة
- ق.د.ك للبطارية
- فرق الجهد بين نقطتين
- قانون أوم
- الطاقة
- القدرة
- تجميع القوانين

مراجعة

علمنا من المحاضرة السابقة أن الكهربية التيارية هي الكهربية التي تتضمن دراسة حركة الشحنات في المواد الموصلة، وعلمنا ما هو التيار الكهربي واتجاهي التيار ودرسنا كمية الكهربية وتعريف الكولوم وأدركنا مفهوم شدة التيار ووحدة قياسه الأمبير.

القوة الدافعة الكهربية (ق.د.ك) للبطارية

ارسم



الرسم الذي أمامك يوضح دائرة كهربية بسيطة، والكرات في السلك تمثل إلكترونات التيار:
الآن سوف نجري دراسة على إحداها وهو الإلكترون المظلل بالرسم:- من الذي يدفع ذلك الإلكترون في الدائرة ؟ . البطارية هي التي تدفعه في الدائرة كلها داخلها وخارجها.
- هل تدفعه مرة واحدة ؟ لا، بل تدفعه ليدور عدة دورات

- مما سبق نستنتج أن البطارية هي التي تبذل الشغل لنقل الشحنات الكهربية في الدائرة كلها داخلها وخارجها.

ق.د.ك للبطارية

تُقدر بالشغل الكلي المبذول لنقل كمية من الكهربية مقدارها واحد كولوم في الدائرة كلها داخل المصدر وخارجه

عرف

القوة الدافعة الكهربية لبطارية (ق.د.ك) 10 فولت

أي أن تلك البطارية تبذل شغلًا قدره 10 جول لنقل كمية من الكهربية مقدارها 1C في الدائرة كلها داخل المصدر وخارجه.

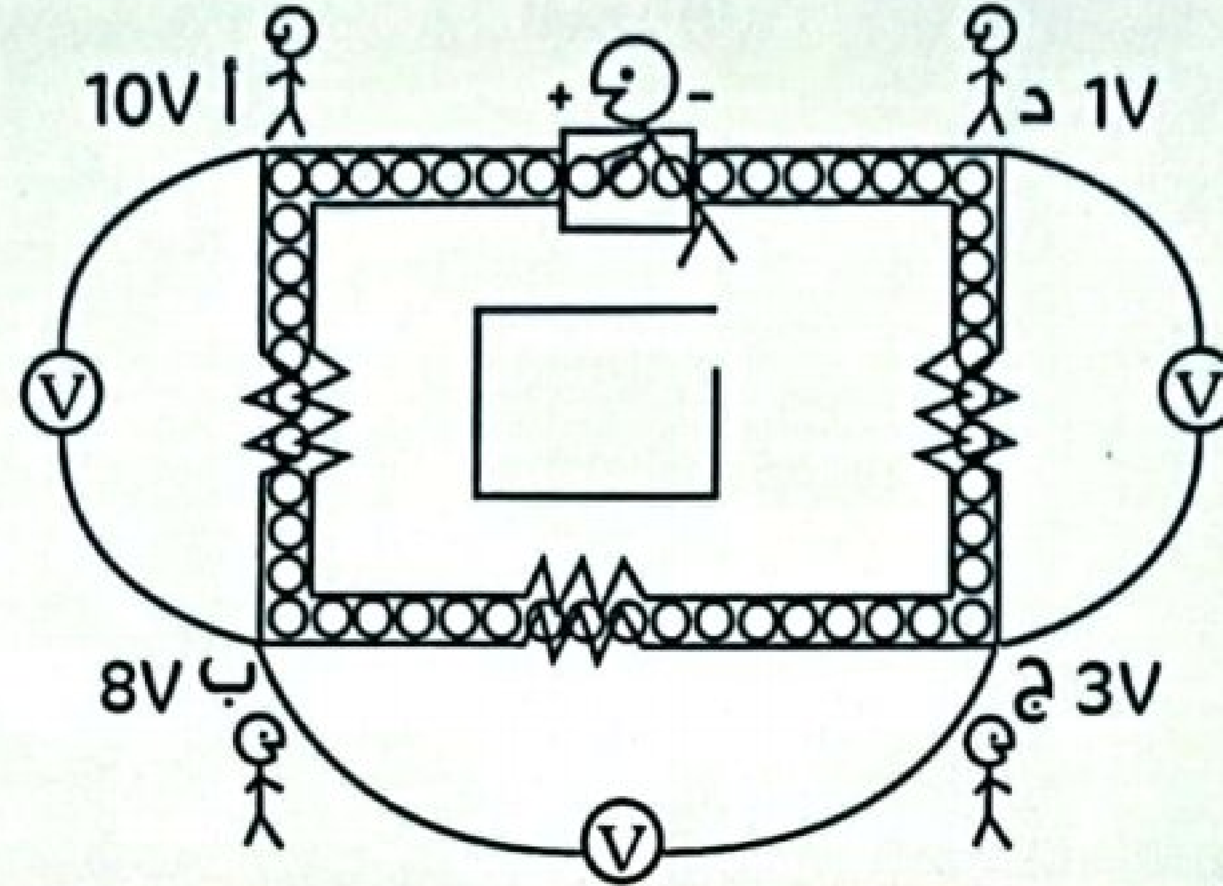
عرف

لاحظ!!

يُرمز لـ ق.د.ك بـ VB, EMF, E و تُقاس ق.د.ك للبطارية بوحدة الفولت.

توضيــح!!

يستخدم الأميتر لقياس التيار فرع ما ،ويستخدم الفولتميتر لقياس فرق الجهدبين أي نقطتين في دائرة كهربية



ارسم

الرسم الذي أمامك يوضح دائرة بسيطة بها بطارية قوتها الدافعة 10V ،وبفرض أن جهد البطارية الموجب يساوي 10V:

- بتمثيل تلك البطارية بشخص يحمل 1C وعداد يوضح طاقته نجد أنه عند النقطة "أ" لم يبذل أي شغل فلم يُفقد أي جهد (ذلك بإهمال مقاومة السلك لإنها صغيرة جدًا) فيكون جهد النقطة "أ" لا يزال 10V
- ولكن عندما يمر بالمقاومة التي بين "أ" و "ب" فإنها تستهلك جزءًا من طاقته ولتكن 2J (يتوقف الشغل المبذول على قيمة المقاومة) فيكون الجهد عند النقطة "ب" يساوي 8V
- عندما يمر بالمقاومة التي بين "ب" و "جـ" فإنها تستهلك جزءًا آخر من طاقته وليكن 5J فيكون الجهد عند النقطة "جـ" يساوي 3V
- وعندما يمر بالمقاومة التي بين "جـ" و "د" فإنها تستهلك جزءًا آخر من طاقته وليكن 2J فيكون الجهد عند النقطة "د" يساوي 1V

- ما هو فرق الجهد بين النقطة "أ" والنقطة "ب" ؟ Vأ ب = Vأ - Vب=10 - 8 = 2 V
- هو فرق الجهد بين النقطة "ب" والنقطة "جـ" ؟ Vب ج = Vب - Vج=8 - 3 = 5 V
- ما هو فرق الجهد بين النقطة "جـ" والنقطة "د" ؟ Vج د = Vج - Vد=3 - 1 = 2 V

ملاحظات

- بالرجوع إلى المثال السابق، هل لاحظت أن البطارية قامت بعملية سرقة؟ فمكتوب عليها 10V بينما لم نستفد منها إلا بـ9V فقط؛ أين ذهب الفولت الباقي؟!\تعريف ق.د.ك هو الشغل الكلي المبذول لنقل كمية من الكهربية مقدارها 1C في الدائرة كلها داخل المصدر وخارجه؛ الفولت المتبقي استُهلك داخل البطارية لأن داخلها مواد لها مقاومة، وكلما زادت المقاومة الداخلية للبطارية قلت كفاءة البطارية.
- ستلاحظ أن فرق الجهد بين نقطتين = الشغل المبذول لنقل 1C بينهما.
- يمر التيار خلال المقاومة من الجهد الأعلى إلى الجهد الأقل، بينما يمر التيار خلال البطارية من الجهد الأقل إلى الجهد الأعلى.

قانون فرق الجهد الكهربي بين نقطتين

فرق الجهد (v) — الشغل (J) او الطاقة الكهربية — الكمية الكهربية (C)

$$V = \frac{W}{Q} = \frac{W}{It} = \frac{W}{Ne}$$

- $Volt = J/C = J/A.S$

فرق الجهد الكهربي بين نقطتين

يقدر بالشغل المبذول لنقل كمية من الكهربية مقدارها 1 كولوم بين هاتين النقطتين

عرف

الفولت

هو فرق الجهد الكهربي بين نقطتين الذي يلزم لنقل شحنة كهربية قدرها 1C بينهما أن يبذل شغل قدره 1J

عرف

ما معنى قولنا أن..

فرق الجهد الكهربي بين نقطتين 5V

أي أن الشغل المبذول لنقل كمية من الكهربية مقدارها 1C بين هاتين النقطتين يساوي 5J

مـــثال

احسب الطاقة اللازمة لنقل كمية من الكهربية 7C بين نقطتين فرق الجهد بينهما 220V

$W= V×Q= 7×220= 1540\ J$

أكمـــل..

1- إذا كان فرق الجهد بين نقطتين 10V فإنه يُبذل شغل قدره 5J لنقل كمية من الكهربية مقدارها .... بين هاتين النقطتين.

2- إذا كان فرق الجهد بين نقطتين 100V فإن الشغل المبذول لنقل 1C بين هاتين النقطتين يساوي ....

لو أن الناس كلما استصعبوا أمرًا تركوه ما قام للناس دنيا ولا دين

عمر بن عبد العزيز

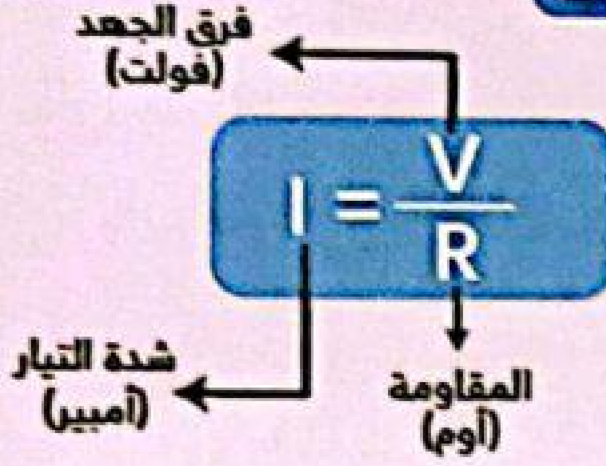
قـــانون أوم

بالمنطق كلما زادت الدوافع وقلت المعوقات ← زادت السرعة وبالمثل كلما زاد فرق الجهد وقلت المقاومة ← زادت شدة التيار

نص قانون أوم

عرف

عند ثبوت درجة حرارة الموصل فإن شدة التيار المار فيه تتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه



ملاحظـــات

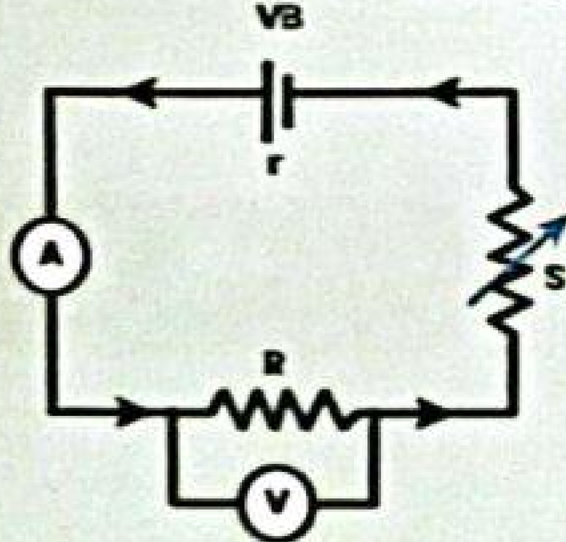
التعريف:
- لا تكتب "عند ثبوت المقاومة" وسوف تعرف السبب في المحاضرة القادمة
- لا تكتب "V" تتناسب مع "I" ($V \alpha I$) ولكن تكتب "I" تتناسب مع "V" ($I \alpha V$).
- **بعض الناس يظن أن المقاومة ليس لها داعٍ في حياتنا؛ فهي تعيق التيار وتقلله**

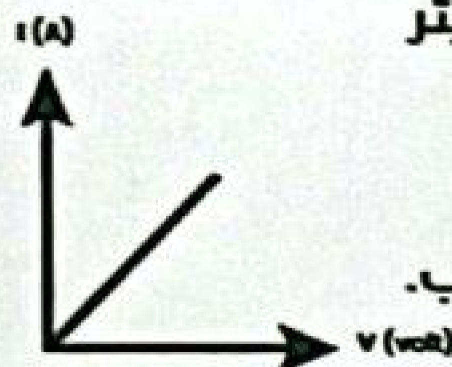
لفهم أهمية المقاومة انظر حولك في الغرفة التي تجلس بها؛ **هل التكييف يسحب نفس تيار الراديو؟ بالطبع لا؛** إن تيار التكييف أكبر من تيار الراديو بكثير على الرغم من أن كليهما متصل بفرق جهد واحد **يساوي (220V)** وذلك حدث عن طريق المقاومة، **أي أن الغرض الرئيسي للمقاومة هو التحكم في شدة التيار.**

<-- المقاومة R هنا ثابتة مش هتتغير بتغير فرق الجهد أو شدة التيار «يعني مثلاً» لو قالك شدة التيار زادت للضعف أو فرق الجهد زاد للضعف- وات هابينز تو مقاومة؟؟ <--- تظل ثابتة :)

تجـــربة

تحقيق قانون أوم عملياً: **الأدوات:** دائرة كهربية كما بالشكل تتكون من:
بطارية - مقاومة ثابتة "R" - مقاومة متغيرة (ريوستات) "S"
- مفتاح - أميتر - فولتميتر





الخطوات:
- نغلق المفتاح ليمر تيار بالدائرة.
- نعدل قيمة الريوستات حتى يمر في الدائرة تيار مناسب.
- نعين شدة التيار بالأميتر وفرق الجهد بالفولتميتر.
- نغير قيمة الريوستات ونعين شدة التيار وفرق الجهد مرة أخرى.
- نكرر ذلك عدة مرات.
- نضع النتائج في الجدول الآتي:

V (volt)					
I (A)					

- نقوم بعمل رسم بياني بحيث يكون V على المحور الأفقي، I على المحور الرأسي؛فتكون النقط على خط واحد، ويكون ميله يساوي $\Delta I/\Delta V=1/R$

الملاحظات: بزيادة فرق الجهد يزداد شدة التيار.

الاستنتاج: شدة التيار المار في موصل تتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه (عند ثبوت درجة الحرارة)؛ وهذا هو نص قانون أوم ($V=IR$).

تستخدم هذه الدائرة في تعيين قيمة مقاومة مجهولة R

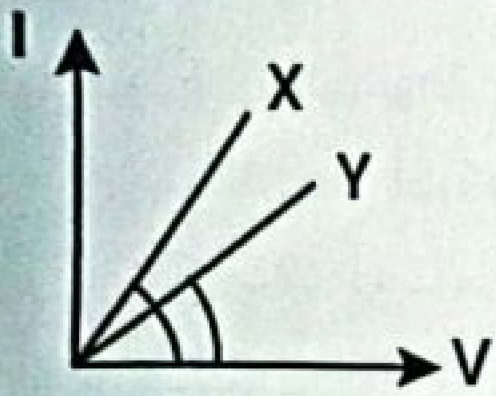
مـــثال

سؤال هام: أراد طالب أن يختبر جهازًا وجده في المختبر فوجد أنه عند توصيله بمصدر كهربي قوته الدافعة 1.5 فولت مر بالجهاز تيار 45μA وعندما استُبدل المصدر الكهربي بآخر قوته الدافعة 3 فولت مر تيار 0.25mA فهل الجهاز يخضع لقانون أوم أم لا؟ ولماذا؟ (بفرض ثبوت درجة الحرارة).

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{1.5}{45\times10^{-6}} = \frac{1}{3}\times10^5\ \Omega \qquad R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{3}{0.25\times10^{-3}} = 1.2\times10^4\ \Omega$$

-إذن الجهاز لا يخضع لقانون أوم نظرًا لاختلاف المقاومة في الحالتين.

- في الشكل البياني التالي أي السلكين ذو مقاومة أكبر؟



$$Slope = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{1}{R} \quad \because Slope\ X >> Slope\ Y \quad \therefore R_Y >> R_X$$

الطـــاقة

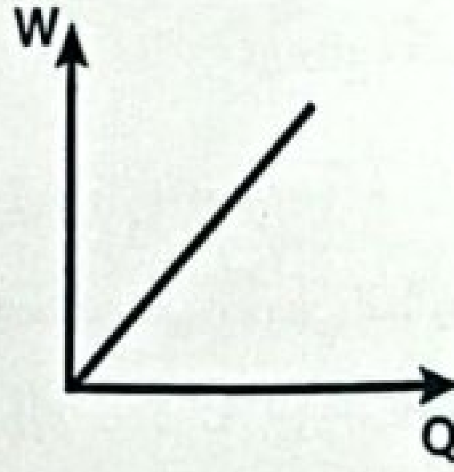
- هل سألت نفسك يومًا ما هي السلعة التي أدفع مقابلها أموالًا لمندوب شركة الكهرباء ؟
- هل يحاسبنا على شدة التيار أم فرق الجهد أم المقاومة ؟

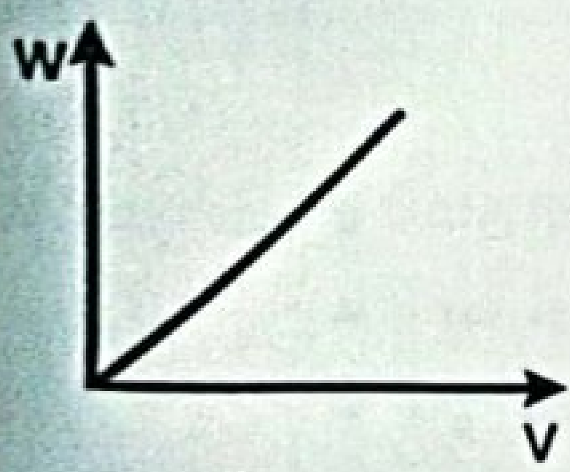
إنه لا يحاسبنا على أي مما سبق، نحن ندفع الأموال مقابل الطاقة التي نستهلكها.

- مما سبق نعلم أن الشغل (الطاقة الكهربية) تساوي حاصل ضرب فرق الجهد في كمية الكهربية.

قانون ← W=VQ

J = V C
جول فولت كولوم





- لو مثلا قالك احسب الطاقة الحرارية الناتجة من جهاز (سخان مثلا) لو مذكرش كفاءة الجهاز يبقى يقصد إن كفاءته 100% وبالتالي هتكون الطاقة الحرارية مساوية للطاقة الكهربية. $Q_{th} = W$

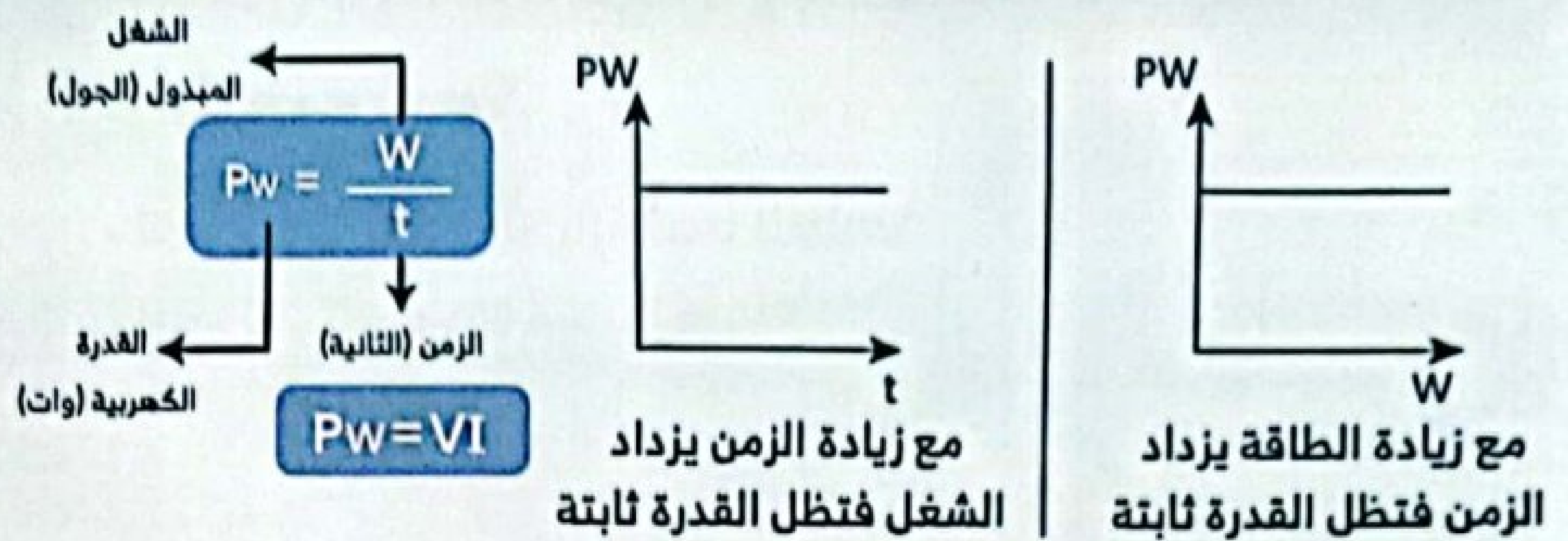
الكيلووات ساعة

عرف

هى وحدة تجارية لقياس الطاقة الكهربية المستهلكة في عدادات المنازل وهو يكافئ (3.6×10^6 J)

القـــدرة

- تُقاس قدرة الفرد بمقدار الشغل الذي ينجزه بالنسبة للوقت الذي أنجزه فيه.



تعريف القدرة

عرف

الطاقة المستهلكة (الشغل المبذول) في الثانية أو المعدل الزمني لبذل الشغل.

لو قالك .. مجموعة أسلاك لها مقاومات مختلفة يمر بهم نفس التيار «أيهم يعطي كمية حرارة أكبر»؟؟

يعني ايه؟؟

يعني بيستهلك طاقة كهربية بمعدل أكبر .. أي له Pw أكبر ($Pw= I^2R$)

- إذن هو صاحب المقاومة الأكبر $Pw \alpha R$

لو قالك .. مجموعة أسلاك لها مقاومات مختلفة وضعو تحت نفس فرق الجهد «أيهم يعطي كمية حرارة أكبر»؟؟

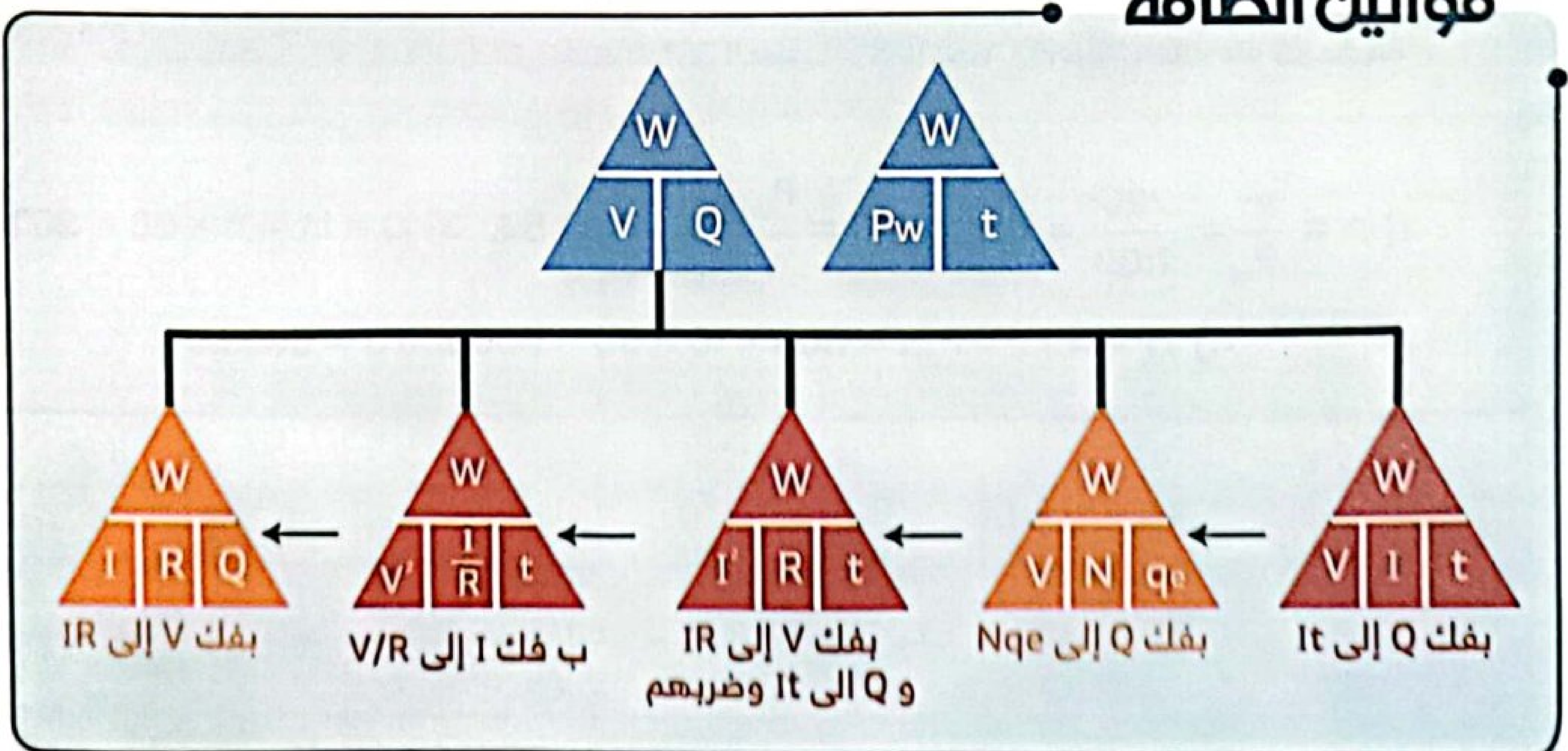
يعني بيستهلك طاقة كهربية بمعدل أكبرأي له Pw أكبر ($Pw=\frac{V^2}{R}$)

- إذن هو صاحب المقاومة الأقل $Pw \alpha \frac{1}{R}$

ما معنى؟! قولنا أن !!مصباح كهربي مكتوب عليه 1000W - 220V

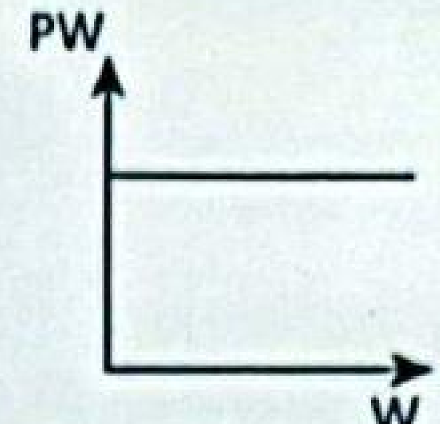
أي أن ذلك المصباح يستهلك طاقة كهربية مقدارها 1000J في زمن قدره 1sec ويحتاج لتشغيله مصدر جهده 220V

قوانين الطاقة

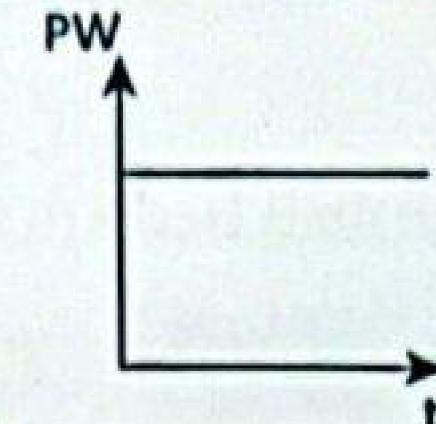


القــــدرة

- تُقاس قدرة الفرد بمقدار الشغل الذي ينجزه بالنسبة للوقت الذي أنجزه فيه.



مع زيادة الطاقة يزداد الزمن فتظل القدرة ثابتة



مع زيادة الزمن يزداد الشغل فتظل القدرة ثابتة

$Pw = \frac{W}{t}$

الشغل المبذول (الجول) ← W

الزمن (الثانية) ← t

القدرة الكهربية (وات) ← Pw

$Pw = VI$

تعريف القدرة

عرف

الطاقة المستهلكة (الشغل المبذول) في الثانية أو المعدل الزمني لبذل الشغل.

لو قالك .. مجموعة أسلاك لها مقاومات مختلفة يمر بهم نفس التيار «أيهم يعطي كمية حرارة أكبر»؟؟

يعني ايه؟؟

يعني بيستهلك طاقة كهربية بمعدل أكبر .. أي له Pw أكبر ($Pw = I^2R$)

- إذن هو صاحب المقاومة الأكبر $Pw \propto R$

لو قالك .. مجموعة أسلاك لها مقاومات مختلفة وضعو تحت نفس فرق الجهد «أيهم يعطي كمية حرارة أكبر»؟؟

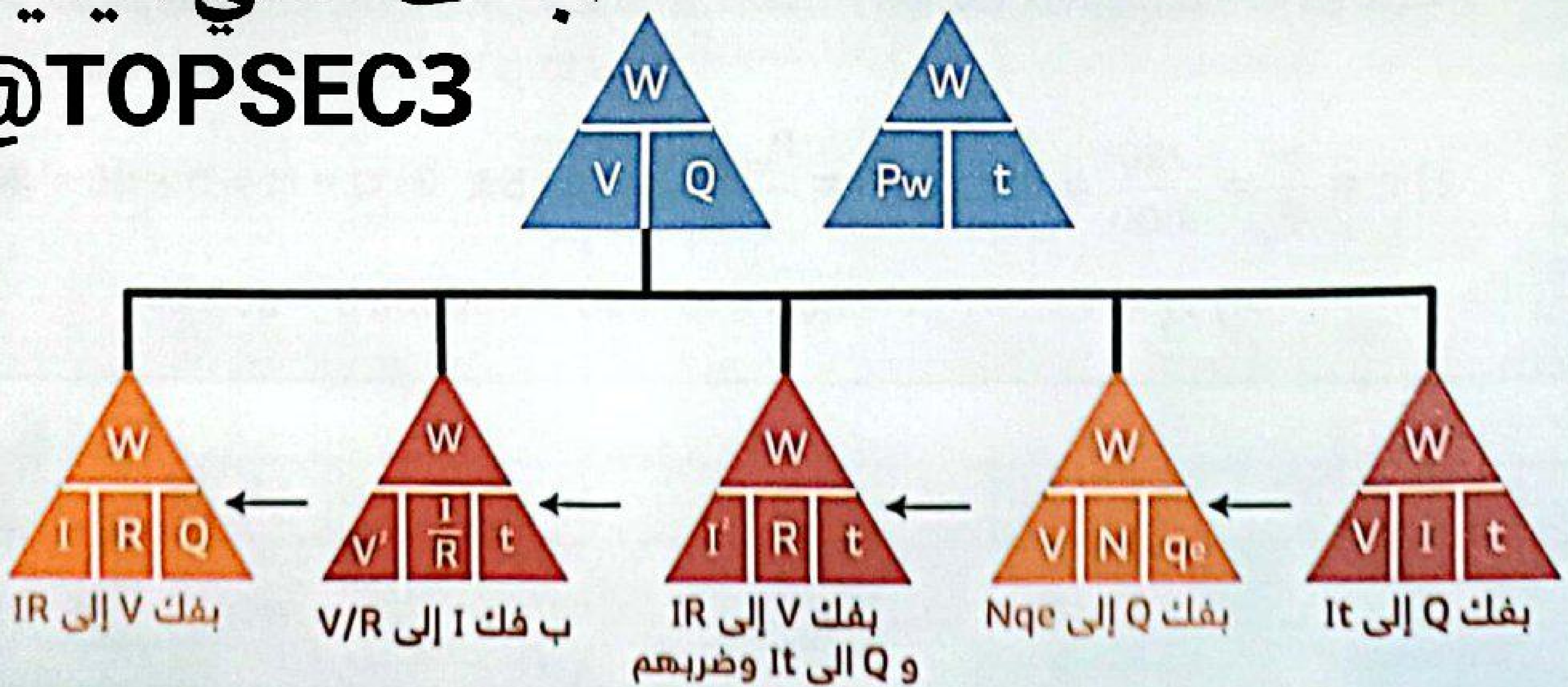
يعني بيستهلك طاقة كهربية بمعدل أكبر أي له Pw أكبر ($Pw = \frac{V^2}{R}$)

- إذن هو صاحب المقاومة الأقل $Pw \propto \frac{1}{R}$

ما معنى؟! قولنا أن !!مصباح كهربي مكتوب عليه 1000W - 220V

أي أن ذلك المصباح يستهلك طاقة كهربية مقدارها 1000J في زمن قدره 1sec ويحتاج لتشغيله مصدر جهده 220V

قوانين الطاقة



ما النتائج المترتبة على؟

زيادة فرق الجهد بين طرفي موصل بالنسبة لتياره وبالنسبة للقدرة المستنفذة فيه؟

تزداد شدة التيار بنفس النسبة بشرط ثبوت درجة الحرارة تبعاً للعلاقة
وتزداد القدرة بمربع النسبة تبعاً للعلاقة: $P_w = VI$ أو: $P_w = I^2R$

مثـال (١)

احسب الطاقة اللازمة لنقل $18.75 \times 10^{18}\ e$ بين نقطتين فرق الجهد بينهما 5V

$W = V \times N \times q_e = 5 \times 18.75 \times 10^{18} \times 1.6 \times 10^{-19} = 15\ J$

مثـال (٢)

احسب الطاقة الكهربية المستنفذة في سلك مقاومته 5Ω يمر به تيار قدره 5A في زمن ساعة.

$W = I^2 \times R \times t = 5^2 \times 5 \times 60 \times 60 = 4.5 \times 10^5\ J$

مثـال (٣)

3- سخان كهربي قدرته 1100W ويعمل على مصدر جهده 220V احسب ما يلي:

1- مقاومة سلكه 2- شدة تياره التي يستمدها من المصدر. 3- الشحنة الكهربية المارة منه كل دقيقة.

4- الطاقة الكهربية التي يستهلكها في 10 دقائق.

1) $R = \frac{V^2}{P_w} = \frac{220^2}{1100} = 44\Omega$ 2) $I = \frac{P_w}{V} = \frac{1100}{220} = 5A$ 3) $Q = I.t = 5 \times 60 = 300\ C$

4) $W = V.I.t = P_w.t = 1100 \times 10 \times 60 = 660000\ J = 660\ KJ$

تجميع القوانين والوحدات

وحدات مكافئة	الوحدة	قوانين مكافئة	القانون	الكمية الفيزيائية
$A\Omega=\frac{J}{C}=\frac{J}{As}=\frac{W}{A}$	فولت V	$V=\frac{W}{Q}=\frac{W}{It}=\frac{P_w}{I}$	$V=IR$	فرق الجهد V
$\frac{C}{s}=\frac{V}{\Omega}=\frac{J}{Vs}=\frac{W}{V}$	أمبير A	$I=\frac{V}{R}=\frac{W}{Vt}=\frac{P_w}{V}$	$I=\frac{Q}{t}$	شدة التيار I
$VC=VAs=Ws=\frac{V^2s}{\Omega}$	جول J	$W=P_wt=VIt=\frac{V^2}{R}t=I^2Rt$	$W=VQ$	الطاقة الكهربية W
$VA=A^2\Omega=\frac{V^2}{\Omega}=J/s$	وات W	$PW=VI=I^2R=\frac{V^2}{R}$	$Pw=\frac{W}{t}$	القدرة الكهربية P_w
$\frac{V}{A}=\frac{V^2s}{J}=\frac{V^2}{W}=\frac{W}{A^2}$	أوم Ω	$R=\frac{V^2t}{W}=\frac{V^2}{P_w}=\frac{P_w}{I^2}$	$R=\frac{V}{I}$	المقاومة الكهربية R
$As=\frac{J}{V}=\frac{J}{A\Omega}$	كولوم C	$Q=\frac{W}{V}=\frac{W}{IR}$	$Q=It$	الشحنة الكهربية Q

المحاضرة الثالثة

المقاومة الكهربية

محتويات المحاضرة

- مقاومة الموصل
- المقاومة النوعية
- التوصيلية الكهربية
- ارشادات حل المسائل (المباشرة، التحويلات، العنصر المفقود، أفكار سحب سلك وثني سلك، ومسائل الحالتين)

المقاومة الكهربية هي الممانعة التي يلقاها التيار الكهربي أثناء مروره موصل

ما العوامل التي تتوقف عليها مقاومة موصل:

- نوع مادته: لأن وفرة الإلكترونات الحرة تختلف من مادة لأخرى، حيث أن لكل مادة قيمة خاصة بها مميزة لها تسمى المقاومة النوعية للمادة ρ_e

مقاومة الموصل R تتناسب مع المقاومة النوعية لمادته تناسبًا طرديًا في نفس درجة الحرارة.

مثال: لو أحضرنا موصلين بنفس الطول ونفس المقطع وفي نفس درجة الحرارة ولكن من مادتين مختلفتين .. من صاحب المقاومة الأكبر منهما ؟

صاحب المقاومة النوعية الأكبر هو صاحب المقاومة الأكبر، فإذا كان أحدهما مقاومته النوعية ضعف الآخر فإن مقاومته أيضًا تكون ضعف الآخر (عند تطابقهما في الشكل الهندسي ودرجة **الحرارة**).

- طول الموصل: أيضًا يؤثر في المقاومة تأثيرًا طرديًا ($R \propto L$)؛ لأنه بالمنطق كلما يزداد طول **الموصل،** تزداد المعاناة داخل الموصل، أي إنه إذا زاد طول الموصل للضعف تزداد المقاومة للضعف.

مقاومة الموصل R تتناسب طرديا مع طول الموصل ($R \propto L$) عند ثبات باقي العوامل.

مثال: لو أحضرنا بكرة سلك وأخذنا منها جزءا طوله متر، ثم أخذنا جزءا آخر طوله مترين **(من نفس البكرة)** أي نفس نوع المادة ونفس مساحة المقطع وفي نفس درجة الحرارة نجد أن المعاناة التي يعانيها التيار في السلك الذي طوله مترين ضعف المعاناة التي يعانيها في السلك الذي طوله متر واحد.

- مساحة المقطع: تتناسب المقاومة تناسبًا عكسيًا مع مساحة مقطع الموصل. لأنه كلما زادت مساحة المقطع يستطيع التيار أن يمر في الموصل بسهولة أكثر. فمثلا بزيادة مساحة المقطع فقط للضعف تقل المقاومة للنصف مع ثبات باقي العوامل.

مقاومة الموصل R تتناسب عكسيًا مع مساحة مقطع الموصل ($R \propto \frac{1}{A}$) عند ثبات باقي العوامل.

- درجة الحرارة: تختلف المقاومة باختلاف درجة الحرارة وتزيد بزيادتها (في الموصلات).

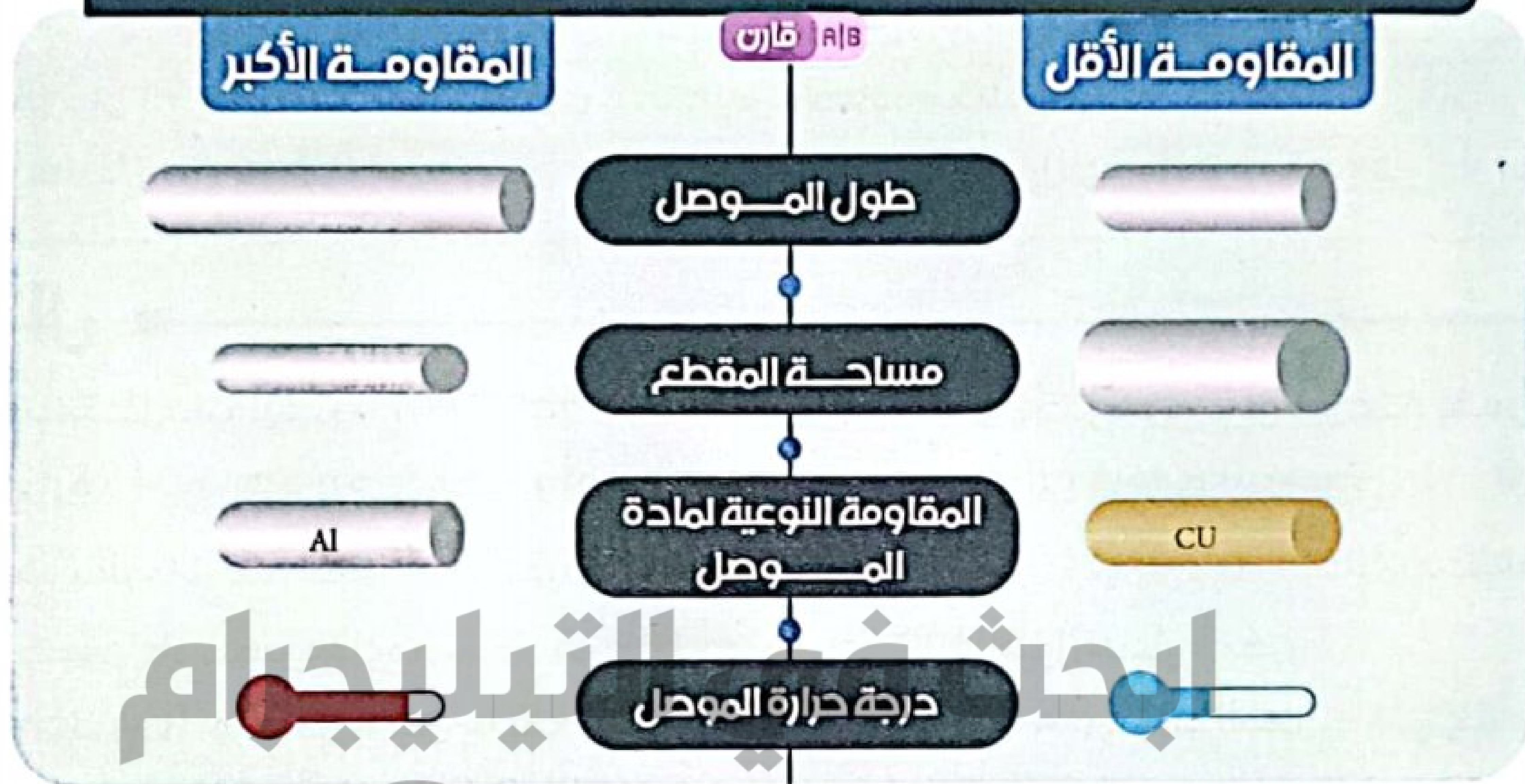
قانون تعيين مقاومة موصل

$$R = \rho_e \frac{l}{A}$$

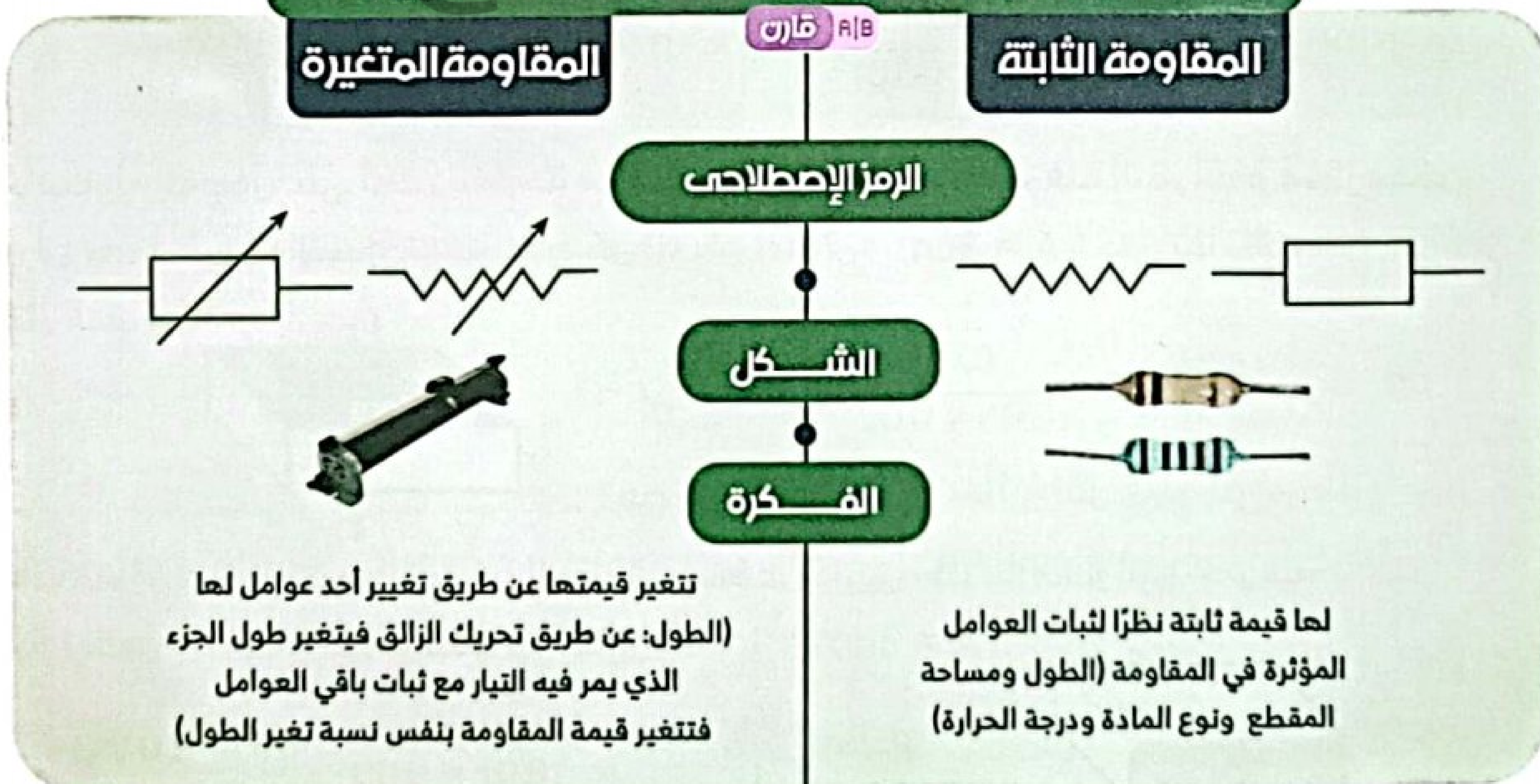
- طول الموصل بالمتر (m) ← l
- مقاومة الموصل بالأوم (Ω) ← R
- المقاومة النوعية لمادة الموصل بالأوم متر (Ω.m) ← ρ_e
- مساحة المقطع بالمتر المربع (m²) ← A

علد ثبوت درجة الحرارة

قارن بين. مقدار المقاومة من حيث العوامل التي تتوقف عليها



قارن بين أنواع المقاومات (الثابتة والمتغيرة):



	المقاومة الثابتة	المقاومة المتغيرة
الفكرة	لها قيمة ثابتة نظرًا لثبات العوامل المؤثرة في المقاومة (الطول ومساحة المقطع ونوع المادة ودرجة الحرارة)	تتغير قيمتها عن طريق تغيير أحد عوامل لها (الطول: عن طريق تحريك الزالق فيتغير طول الجزء الذي يمر فيه التيار مع ثبات باقي العوامل فتتغير قيمة المقاومة بنفس نسبة تغير الطول)

ملاحظــات

- عندما يكون الزالق في بداية الريوستات تكون قيمتها مهملة.
- عندما يكون الزالق في نهاية الريوستات تكون قيمتها أكبر ما يمكن.

يمكن أن يكون لموصل واحد أكثر من مقاومة في نفس درجة الحرارة. كيف؟
على حسب الشكل الهندسي؛ فمثلا:

- لو كان الموصل مكعب الشكل سيكون له مقاومة واحدة من جميع الجهات لتساوي أبعاده (أي أنه إذا دخل التيار من أي وجه وخرج من الوجه المقابل سيكون له دائمًا نفس المقاومة لأن الطول ومساحة المقطع ستكون ذات قيم ثابتة)
- أما لو كان الموصل على شكل قضيب مثلاً مقطعه مربع سيكون له مقاومتين.
- أما لو كان الموصل على شكل متوازي مستطيلات أبعاده مختلفة سيكون له ثلاث مقاومات مختلفة إذا وصل كل مرة من وجهين متقابلين نظرًا لاختلاف الطول ومساحة المقطع في كل مرة.

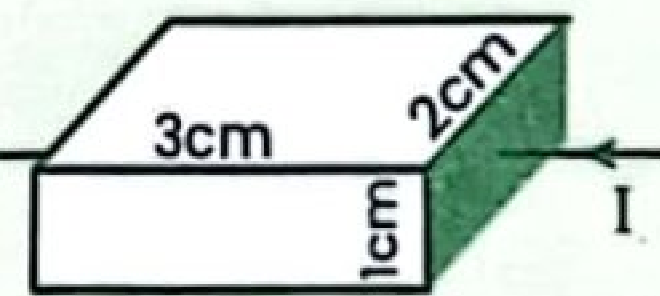
مثــــال

متوازي مستطيلات أبعاده 3cm, 2cm, 1cm ، هل توجد له اكثر من مقاومة عند نفس درجة الحرارة؟ احسبهم وحدد أكبر وأصغر مقاومة (علماً بأن المقاومة النوعية $10^{-7}\ \Omega m$)

نعم، له ثلاث مقاومات عند نفس درجة الحرارة لاختلاف امكانية التوصيل بالأوجه ذات الابعاد المختلفة.

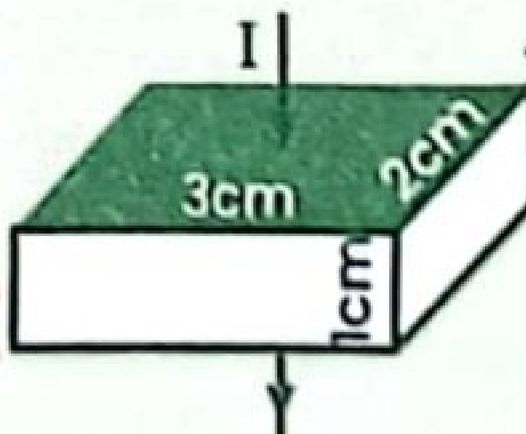
- **فمثلا:** للحصول على أكبر مقاومة نجعل المسار الذي يمر فيه التيار أطول مسار ممكن (أي أن L = 3cm) والمساحة أقل ما يمكن (أي أن A = 2cm × 1cm) لتزداد المعاناة التي يلقاها التيار اثناء مروره في الموصل فتزداد المقاومة.

$$R_1 = \rho_e \frac{l_1}{A_1} = 10^{-7} \times \frac{0.03}{0.02 \times 0.01} = 1.5 \times 10^{-5}\Omega$$



- عند محاولة الوصول على أصغر مقاومة ممكنة نجعل المسار الذي يمر فيه التيار أقصر مسار ممكن (أي أن L = 1cm) والمساحة أكبر ما يمكن (أي أن A = 3cm × 2cm) حتى تقل المعاناة وتقل المقاومة.

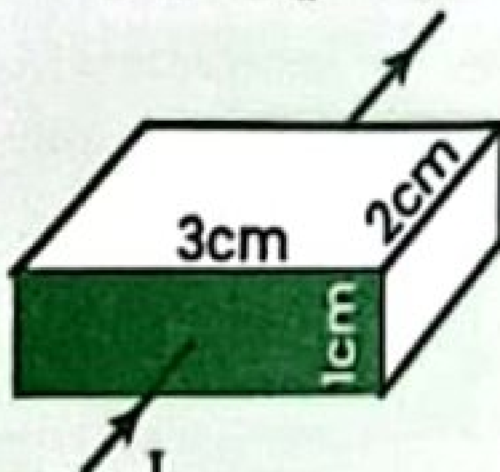
$$R_2 = \rho_e \frac{l_2}{A_2} = 10^{-7} \times \frac{0.01}{0.03 \times 0.02} = 1.67 \times 10^{-6}\Omega$$



لاحظ أنه بزيادة الأس السالب تقل قيمة الرقم الناتج

- هناك مقاومة ثالثة متوسطة يمكن الحصول عليها عن طريق اختيار المسار الذي يمر فيه التيار ليكون (L = 2cm) والمساحة لتكون (A = 3cm × 1cm)

$$R_3 = \rho_e \frac{l_3}{A_3} = 10^{-7} \times \frac{0.02}{0.01 \times 0.03} = 6.67 \times 10^{-6}\Omega$$



المقاومة النوعية لمادة موصل

هي مقاومة موصل من هذه المادة طوله 1m ومساحة مقطعه $1m^2$ عند درجة حرارة معينة

يجب كتابتها

عرف

قانون المقاومة النوعية لموصل

$$\rho_e = R\frac{A}{l}$$

- ρ_e: المقاومة النوعية لمادة الموصل بالأوم متر ($\Omega.m$)
- R: مقاومة الموصل بالأوم (Ω)
- A: مساحة المقطع بالمتر المربع (m^2)
- l: طول الموصل بالمتر (m)

ما معنى قولنا أن المقاومة النوعية لمادة النحاس تساوي $2\times10^{-7}\ \Omega.m$

أي أننا لو أحضرنا موصلًا من النحاس طوله 1m ومساحة مقطعه $1m^2$ وقِسنا مقاومته عند درجة حرارة معينة لوجدناها $2\times10^{-7}\ \Omega$

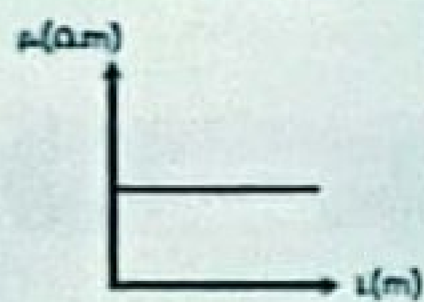
لاحظ استخدم المنطق في تقدير الحل!

يجب أن يكون الناتج متوافق مع المنطق؛ بحيث تقع قيمته في المدى الطبيعي لهذه الكمية الفيزيائية.
مثلا: إذا كان المطلوب تعيين كتلة رجل وكان الناتج 2kg فمن الواضح أن هذا الناتج غير منطقي لأنه لا يقع في المدى الطبيعي لكتلة الاشخاص والتي من الممكن أن تتراوح بين 60، 70، 80، 90 كيلوجرام أو ما إلى ذلك! وبالمثل: فإن المقاومة النوعية للمواد جيدة التوصيل مثل النحاس والألومنيوم والحديد قيمتها صغيرة جدا حتى أننا نجد القيمة النهائية لها مضروبة $\times10^{-8}$ أو $\times10^{-7}$ أو $\times10^{-6}$ وما إلى ذلك.
(لاحظ أن الأس سالب)

إذكر العوامل التي تتوقف عليها المقاومة النوعية لمادة موصل:

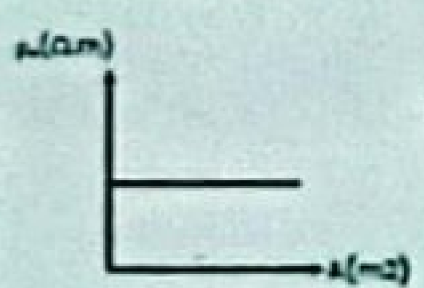
- نوع المادة
- درجة الحرارة

؟! علل إذا زاد طول الموصل فقط للضعف فإن مقاومته النوعية تظل ثابتة!



لأنها خاصية مميزة لنوع المادة ويتحقق ذلك رياضيًا أيضًا لأنه بزيادة الطول للضعف تزداد المقاومة للضعف ومن العلاقة $\rho_e=R\frac{A}{l}$ تظل المقاومة النوعية ثابتة.

؟! علل إذا زادت مساحة موصل فقط للضعف فإن مقاومته النوعية تظل ثابتة!



لأنها خاصية مميزة لنوع المادة ويتحقق ذلك رياضيًا أيضًا لأنه بزيادة المساحة للضعف تقل المقاومة للنصف ومن العلاقة $\rho_e=R\frac{A}{l}$ تظل المقاومة النوعية ثابتة.

⚠ لاحظ لا تتغير المقاومة النوعية بتغير الطول أو المساحة!

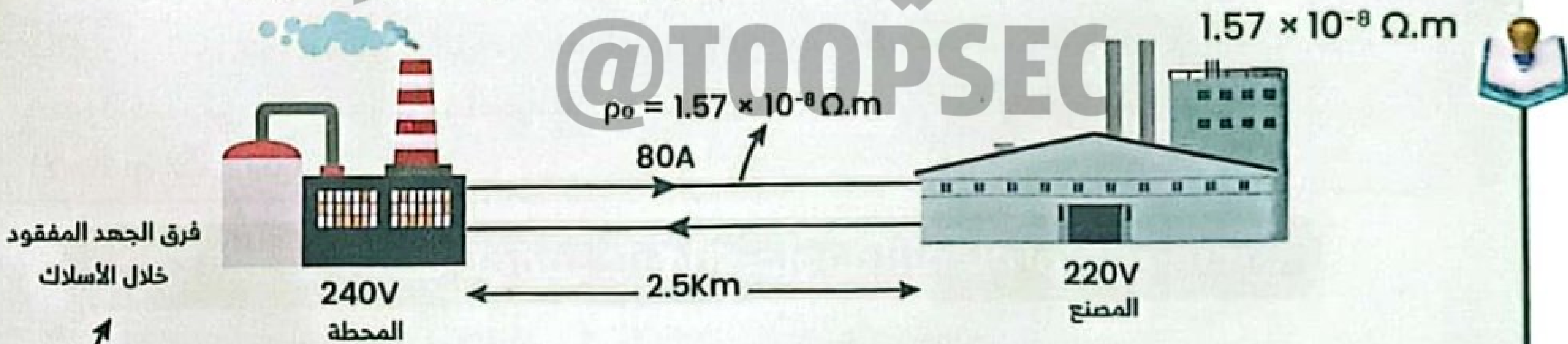
سـؤال؟

لديك بكرة ملفوف عليها سلك نحاس رفيع على هيئة ملف دائري وقد ظهر من السلك طرفاه ومعلوم نصف قطر السلك (r) وعدد لفاته (N) وأميتر وفولتميتر وأسلاك توصيل (سميكة) ومسطرة وبطارية.
باستخدام الأدوات السابقة فقط اشرح الخطوات العملية لتعيين المقاومة النوعية للنحاس

- نقوم بحساب مساحة مقطع السلك من العلاقة
- نقوم بتعيين متوسط نصف قطر البكرة (بكرةr) بالمسطرة وحساب طول السلك من العلاقة
- نقوم بتوصيل طرفي البكرة بالأميتر والبطارية وأسلاك التوصيل على التوالي (وتوصيل الفولتميتر مع طرفي السلك على التوازي) وتعيين قراءة الأميتر والفولتميتر وحساب مقاومة البكرة من العلاقة
- نقوم بحساب المقاومة النوعية للنحاس من العلاقة

مثـــال

تتصل محطة لتوليد الكهرباء بمصنع يبعد عنها مسافة 2.5Km بسلكين فإذا كان فرق الجهدبين طرفي السلكين عند المحطة 240V وبين الطرفين عند المصنع 220V وكان المصنع يستخدم تيارًا شدته 80A ، احسب مقاومة المتر الواحد من السلك ونصف قطره إذا علمت أن المقاومة النوعية لمادة السلك $1.57 \times 10^{-8}\ \Omega.m$



1) $V_{\text{أسلاك}} = V_{\text{محطة}} - V_{\text{مصنع}} = 240 - 220 = 20V$

2) $I_{\text{أسلاك}} = I_{\text{محطة}} = I_{\text{مصنع}} = 80A \rightarrow \quad R_{\text{أسلاك}} = \frac{V_{\text{أسلاك}}}{I_{\text{أسلاك}}} = \frac{20}{80} = 0.25\Omega$

طول السلك الواحد هو نفسه المسافة بين المحطة والمصنع، ويكون الطول الكلي للأسلاك هو مجموع طولي السلكين (ذهاباً وإياباً)

3) $l_{\text{أسلاك}} = 2 \times d = 2 \times 2.5 \times 1000 = 5000m \rightarrow \quad R_{\text{متر}} = \frac{R_{\text{أسلاك}}}{l_{\text{أسلاك}}} = \frac{0.25}{5000} = 5\times10^{-5}\ \Omega$

لاحظ أننا عوضنا بمقاومة الأسلاك الكلية وبالتالي وجب التعويض بالطول الكلي للأسلاك وكذلك، إذا استخدمنا مقاومة المتر الواحد من السلك لكنا عوضنا عن طول السلك بـ1 متر

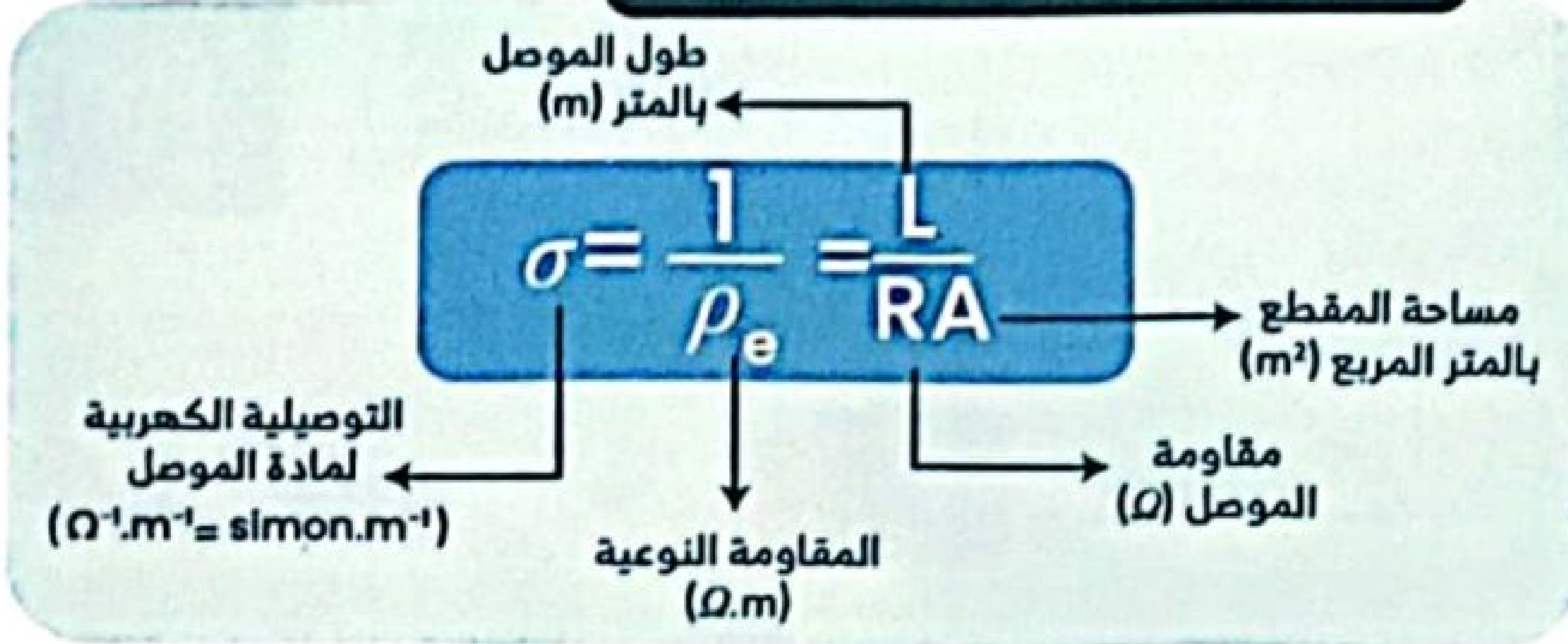
$$\because R = \frac{\rho_e l}{A} = \frac{\rho_e l}{\pi r^2} \rightarrow r = \sqrt{\frac{\rho_e l}{\pi R}} = \sqrt{\frac{1.57 \times 10^{-8} \times 5000}{\pi \times 0.25}} = 0.01m = 1cm$$

التوصيلية الكهربية لمادة موصل

هي مقلوب المقاومة النوعية لمادة موصل.
أو هي مقلوب مقاومة موصل من هذه المادة طوله 1m ومساحة مقطعه $1m^2$ عند درجة حرارة معينة

عرف

قانون التوصيلة الكهربية



لاحظ من الأخطاء الشائعة أن نقوم بقلب الأس وننسى أن نقلب الرقم!

ما معنى قولنا أن التوصيلية الكهربية لمادة النحاس تساوي $0.5\times10^{7}\ \Omega^{-1}.m^{-1}$

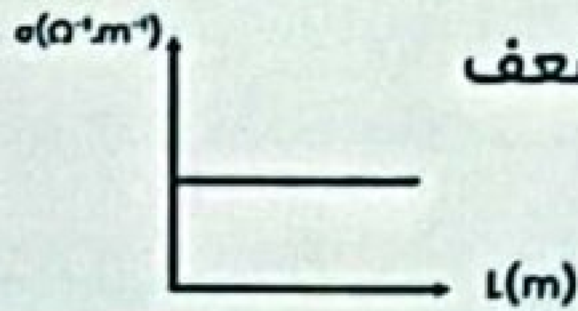
أي أن مقلوب المقاومة النوعية للنحاس يساوي $0.5\times10^{7}\ \Omega^{-1}.m^{-1}$
أو أن المقاومة النوعية للنحاس $2\times10^{-7}\ \Omega.m$

اذكر العوامل التى تتوقف عليها التوصيلية الكهربية لمادة الموصل

- نوع المادة
- درجة الحرارة

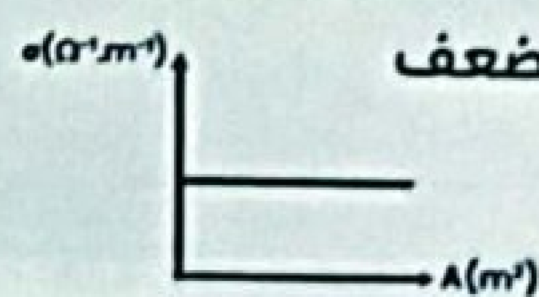
؟! علل إذا زاد طول الموصل فقط للضعف فإن توصيلته الكهربية تظل ثابتة!

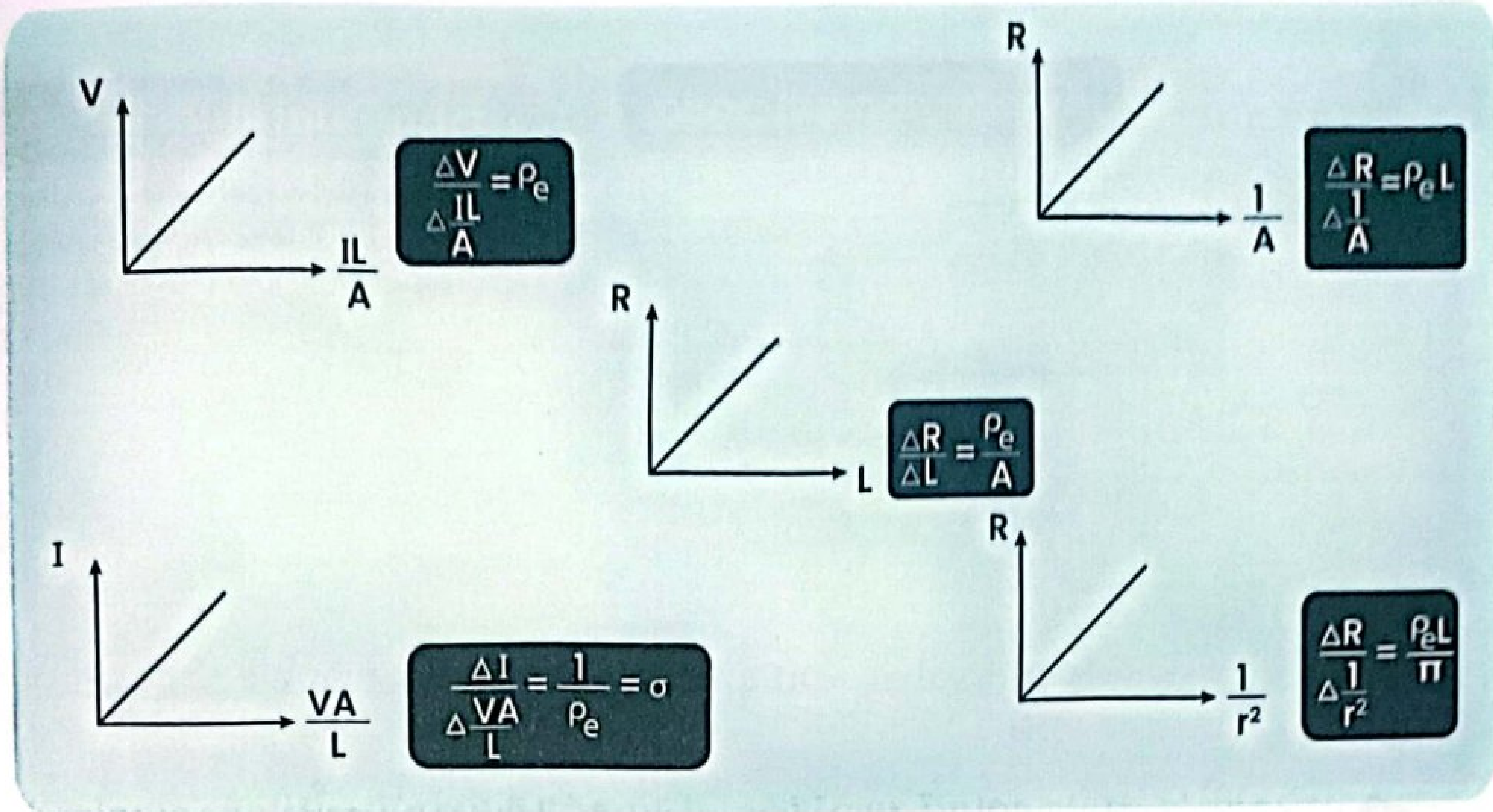
لأنها خاصية مميزة لنوع المادة ويتحقق ذلك رياضيًا أيضًا لأنه بزيادة الطول للضعف تزداد المقاومة للضعف ومن العلاقة $\sigma = \frac{L}{RA}$ تظل التوصيلية الكهربية ثابتة.



؟! علل إذا زادت مساحة موصل فقط للضعف فإن توصيلته الكهربية تظل ثابتة!

لأنها خاصية مميزة لنوع المادة ويتحقق ذلك رياضيًا أيضًا لأنه بزيادة المساحة للضعف تقل المقاومة للنصف ومن العلاقة $\sigma = \frac{L}{RA}$ تظل التوصيلية الكهربية ثابتة.





إرشادات لحل المسائل

1) قم بكتابة القوانين قبل البدأ في الحل

2) حدد نوع المسألة والمطلوب منها حيث يوجد من المسائل أنواع مختلفة سنتناول أهمهما فيما يلي (مباشرة، تحتاج تحويلات، بها عنصر مفقود، تعتمد على ثبات الحجم، أو تحتوي على مقارنة بين حالتين):-كما أنه يمكن الدمج بين الأنواع المختلفة من المسائل

- مسائل مباشرة: هذا النوع من المسائل يحتوي على كل العناصر ما عدا عنصر واحد فقط هو المطلوب.المشكلات التي قد تواجهك في هذا النوع هي عدم حفظك للقانون أو عدم معرفتك للكمية الفيزيائية المعطاه لكن يمكن التحقق من ذلك عن طريق الوحدة المصاحبة لها.
- مسائل تحتاج تحويلات: هذا النوع من المسائل يحتوي على بعض الكميات التي تحتاج تحويلها إلى وحدتها الدولية.
فمثلا: الوحدة الدولية للطول هي المتر (m)، والمساحة وحدتها الدولية المتر المربع (m2)، والوحدة الدولية للمقاومة هي الأوم (Ω)، اهم التحويلات تم تجميعها في اخر صفحة في الدرس
- مسائل تحتوى على عنصر مفقود: هذا النوع من المسائل يحتوي على عنصر آخر مفقود (بالأضافة للعنصر المطلوب ايجاده)، لكن في المقابل توجد معطيات اضافية تساعد على ايجاد هذا العنصر واستكمال الحل بعدها. فمثلا: مسئلة تحتوي على طول موصل ومساحة مقطعه ويطلب المقاومة النوعية لمادة الموصل، بالنظر للقانون $\rho_e = R\frac{A}{l}$ نجد أنه ينقصنا معرفة مقاومة الموصل لتعيين المقاومة النوعية، في مقابل هذا العنصر المفقود سنجد معطيات إضافية تساعد على الحل مثل شدة التيار وفرق الجهد عبر الموصل، وبالتالي يمكننا تعيين المقاومة ومن ثم المقاومة النوعية. وفيما يلي بعض القوانين التي تساعد على حل المسائل المختلفة من هذا النوع:

- علاقة الطول والمساحة والحجم :

الشكل الهندسي للسلك أسطواني طويل. حجم الأسطوانة = مساحة القاعدة x الارتفاع $Vol_{wire} = A_{wire} \times L_{wire}$

حجم القرص = مساحة الوجه x السُمك حجم السلك = مساحة المقطع x الطول

- إذا كان الحجم معلوم والطول مجهول: ⟵ $R = \rho_e \frac{l}{A} = \rho_e \frac{\left(\frac{Vol}{A}\right)}{A} = \rho_e \frac{Vol}{A\,A} = \rho_e \frac{Vol}{A^2}$

- إذا كان الحجم معلوم ومساحة المقطع مجهولة: ⟵ $R = \rho_e \frac{l}{A} = \rho_e \frac{l}{\left(\frac{Vol}{l}\right)} = \rho_e \frac{l\,l}{Vol} = \rho_e \frac{l^2}{Vol}$

- علاقة الكثافة والكتلة والحجم: ⟵ $m_{\text{سلك}} = \rho_{\text{مادة السلك}} . Vol_{\text{سلك}} = \rho_{\text{مادة السلك}} . (A_{\text{مقطع السلك}} . l_{\text{سلك}})$

- الكثافة والكتلة معلومان، والطول مجهول: ⟵ $R = \rho_e \frac{l}{A} = \rho_e \frac{\left(\frac{Vol}{A}\right)}{A} = \rho_e \left(\frac{\left(\frac{m}{\rho A}\right)}{A}\right) = \rho_e \frac{m}{\rho . A^2}$

- الكثافة والكتلة معلومان، ومساحة المقطع مجهولة: ⟵ $R = \rho_e \frac{l}{A} = \rho_e \frac{l}{\left(\frac{Vol}{l}\right)} = \rho_e \left(\frac{\rho l}{m}\right) . l = \rho_e \frac{\rho l^2}{m}$

ملاحظات

- هذا النوع من المسائل من الممكن أن تحتوي على تحويلات أيضا!
- رمز المقاومة النوعية هو (ρ_e) بينما رمز الكثافة (ρ)

- مسائل تعتمد على ثبات الحجم:

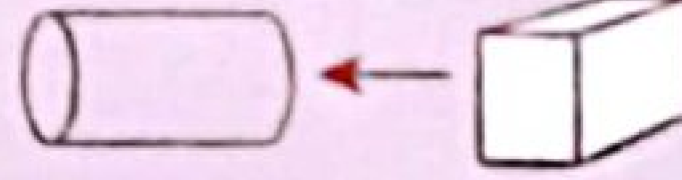
هذا النوع من المسائل يعتمد على فكرة ثبات الحجم في الحالتين (قبل وبعد).

مثلا: إذا كان معك مكعب من الصلصال وقمت بتشكيله على هيئة كرة ثم على هيئة سلك، أيهما سيكون أكبرَ في الحجم؟ حجم الصلصال عندما كان مكعبًا أم عندما تحول إلى كرة أم بعدما أصبح سلكًا؟ إذا أُعيد تشكيل جسم فإنه يحافظ على حجمه، أي أن حجم السلك = حجم الكرة = حجم المكعب ويمكن تقسيم تلك المسائل إلى ثلاثة أفكار رئيسية : 1) إعادة التشكيل 2) سُحب سلك 3) ثُني/ضُغط سلك

1 إعادة تشكيل جسم: وفيها يتغير الجسم من شكل لاخر لكن يظل الحجم بالطبع ثابت

مثـــال (١)

متوازي مستطيلات من مادة ما، أبعاده 30cm×20cm×10cm أعيد تشكيله على شكل سلك طوله 20m فأصبحت مقاومة السلك 10Ω احسب المقاومة النوعية لتلك المادة.



$$V_{ol_{سلك}} = V_{ol_{متوازي}} = l.w.h = 0.1 \times 0.2 \times 0.3 = 6 \times 10^{-3}\ m^3$$

طريقــة (١)

$$\rho_e = \frac{RA}{l} = \frac{RV_{ol}}{l^2} = \frac{10 \times 6 \times 10^{-3}}{20^2} = 1.5 \times 10^{-4}\ \Omega\ m$$

طريقــة (٢)

$$A_{سلك} = \frac{V_{ol_{سلك}}}{l_{سلك}} = \frac{6 \times 10^{-3}}{20} = 3 \times 10^{-4}\ m^2$$

$$\rho_e = \frac{RA}{l} = \frac{10 \times 3 \times 10^{-4}}{20} = 1.5 \times 10^{-4}\ \Omega m$$

2 **سحب سلك:** أي أن السلك أصبح أطول و أقل سمكا مما كان عليه لأن حجم السلك ثابت وبالتالي عند تغيير طوله بالسحب تتأثر المساحة تأثرا عكسيا (تتغير بمقلوب النسبة)؛ أي أنه عند سحب سلك لضعف طوله (زيادة طوله للضعف). تقل المساحة عكسيا للنصف في المقابل لثبات الحجم!

مثـــال (١)

اثبت أنه إذا سُحب سلك حتى زاد طوله إلي الضعف فإن مقاومته تزداد إلي 4 أمثالها.

نبدأ بكتابة القانون و نسجل ما حدث من تغيرات لكل عنصر باعتبار أن مقاومة السلك قبل السحب تساوي R عند زيادة طول السلك للضعف قلت مساحة مقطعه إلي النصف لكن تظل ρe ثابتة لأنها خاصية مميزة للمادة لا تتغير بتغير الطول أو المساحة (لأنه لم يحدث تغيير في نوع المادة). فنجد أن المقاومة تزداد إلي 4 أمثالها (أي اصبحت 4R).

$$R = \rho_e \frac{l}{A} \rightarrow 1 \times \frac{2}{\frac{1}{2}} = 4$$

مثال: سُحب سلك مقاومته 50 أوم بحيث زاد طوله إلى الضعف فإن مقاومته سوف تصبح 200 أوم (أي زادت إلي 4 أمثالها)

مثـــال (٢)

اثبت أنه إذا سُحب سلك بحيث زاد طوله إلي 3 أمثاله فإن مقاومته سوف تزداد إلي 9 أمثالها.

عند زيادة طول السلك إلي 3 أمثاله فإن مساحة مقطعه تقل إلي الثلث و تظل ρe ثابتة لأنها خاصية مميزة للمادة لا تتغير بتغير الطول أو المساحة، وبالتالي

فإن المقاومة سوف تزداد إلي 9 أمثالها (أي اصبحت 9R).

$$R = \rho_e \frac{l}{A} \rightarrow 1 \times \frac{3}{\frac{1}{3}} = 9$$

مثـال (٣)

اثبت أنه إذا سُحب سلك بحيث قل قطر مقطعه (أو نصف قطر مقطعه أو محيطه) إلي النصف فإن مقاومته سوف تزداد إلي 16 مرة قدر ما كانت عليه.

عندما يقل نصف قطر المقطع (أو قطر المقطع أو المحيط) إلي النصف تقل مساحة المقطع إلي الربع فيزداد طول السلك إلي 4 أمثاله و تظل ρe ثابتة لأنها خاصية مميزة للمادة لا تتغير بتغير الطول أو المساحة، وبالتالي فإن مقاومته تزداد إلي 16 مرة قدر ما كانت عليه (أي اصبحت 16R).

$$A = \pi r^2$$

$$\frac{1}{4} \qquad \left(\frac{1}{2}\right)^2$$

$$R = \rho_e \frac{l}{A} \rightarrow 1 \times \frac{4}{\frac{1}{4}} = 16$$

مثـال (٤)

سؤال هام: عند سحب سلك زاد طوله بمقدار 60% ما الذي سوف يحدث لمقاومته؟

عند سحب السلك يظل الحجم ثابت LA=loV وبالتالي يتناسب الطول ومساحة المقطع عكسياً مع بعضهما البعض .. فمعنى أن الطول زاد بمقدار 60% أي أنه أصبح 1.6 مما كان عليه وتصبح المساحة 1/1.6 مما كانت عليه لذلك فإن:

1- المقاومة ستصبح (زادت إلى) 2.56 مما كانت عليه.

2- المقاومة زادت بمقدار 1.56 مرة مما كانت عليه.

$$R = \rho_e \frac{l}{A} \rightarrow 1 \times \frac{1.6}{\frac{1}{1.6}} = 2.56$$

ثني سلك: أي أن السلك أصبح أقل طولا و أكثر سمكا لأن حجم السلك ثابت وبالتالي عند تغيير طوله بالثني تتأثر المساحة تأثرا عكسيا؛ أي أنه عند ثني سلك للنصف (قل طوله للنصف) تزداد المساحة عكسيا للضعف في المقابل لثبات الحجم!

مثـــال (١)

اثبت أنه إذا ثُني سلك من المنتصف على نفسه و أعيد توصيله من طرفيه الجديدين فإن مقاومته سوف تقل إلي الربع

عندما ينقص الطول إلي النصف تزداد مساحة المقطع إلي الضعف تظل ρ_e ثابتة لأنها خاصية مميزة للمادة لا تتغير بتغير الطول أو المساحة، وبالتالي فإن المقاومة سوف تقل للربع.

$$R = \rho_e \frac{l}{A} \rightarrow 1 \times \frac{\frac{1}{2}}{2} = \frac{1}{4}$$

- **مسائل مقارنة بين حالتين:**

في هذا النوع من المسائل نتعامل مع المسئلة من نهايتها والتي تنص على وجهي المقارنة أو الحالتين المطلوب المقارنة بينهما بعد حدوث العديد من التغيرات والتي تذكر في بداية المسئلة.

مثـــال (١)

سلكان طول الأول ضعف الثاني ومساحة مقطع الأول $\frac{2}{3}$ الثاني والمقاومة النوعية للأول $\frac{2}{5}$ الثاني

اوجد النسبة بين مقاومة الأول ومقاومة الثاني.

$$R = \rho_e \frac{l}{A} \xrightarrow{\text{نحوله إلي قانون نسبة}} \frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_{e_1}}{\rho_{e_2}} \frac{l_1}{l_2} \frac{A_2}{A_1} = \frac{2 \times 2 \times 3}{5 \times 1 \times 2} = \frac{6}{5}$$

مثـــال (٢)

سلكان طول الأول 3 أمثال الثاني وكتلة الأول ضعف الثاني وكثافة مادة الأول $\frac{3}{7}$ الثاني ومقاومة الأول $\frac{4}{5}$ الثاني، اوجد النسبة بين المقاومة النوعية للأول إلي المقاومة النوعية للثاني.

نبدأ المسئلة من نهايتها فنجد المطلوب هو المقارنة بين المقاومتين النوعيتين فنكتب قانون المقاومة النوعية

$$\rho_e = \frac{RA}{l}$$

نجد أنه ذكر في المسألة المقاومة و الطول و لكن لم يذكر مساحة المقطع (عنصر مفقود) ، وذكر الكتلة والكثافة (معطيات اضافية) بدلا منها، لذلك نستخدم القانون التالي:

$$m_{\text{سلك}} = \rho_{\text{سلك}} Al \rightarrow \therefore A = \frac{m}{\rho l}$$

$$\rho_e = \frac{Rm}{l^2 \rho} \xrightarrow{\text{نحوله إلي قانون نسبة}} \frac{\rho_{e_1}}{\rho_{e_2}} = \frac{R_1}{R_2} \frac{m_1}{m_2} \frac{l_2^2}{l_1^2} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{4 \times 2 \times 1^2 \times 7}{5 \times 1 \times 3^2 \times 3} = \frac{56}{135}$$

إنما المرء بأصغريه قلبه ولسانه

غلام يعظ الخليفة عمر بن عبد العزيز

مثال (٣)

سلكان نصف قطر مقطع الأول يساوي قطر مقطع الثاني وكتلة الأول 3 أمثال كتلة الثاني وكثافة مادة الأول $\frac{2}{3}$ كثافة مادة الثاني ومقاومة الأول تساوي مقاومة الثاني.اوجد النسبة بين التوصيلية الكهربية للأول إلي الثاني.

$$\sigma = \frac{l}{RA} = \frac{l}{R\,\pi r^2}$$

نجد أنه لم يذكر في المسألة L (عنصر مفقود) ولكن ذكر الكتلة و الكثافة (معطيات اضافية) بدلا منها لذلك نستخدم القانون التالي:

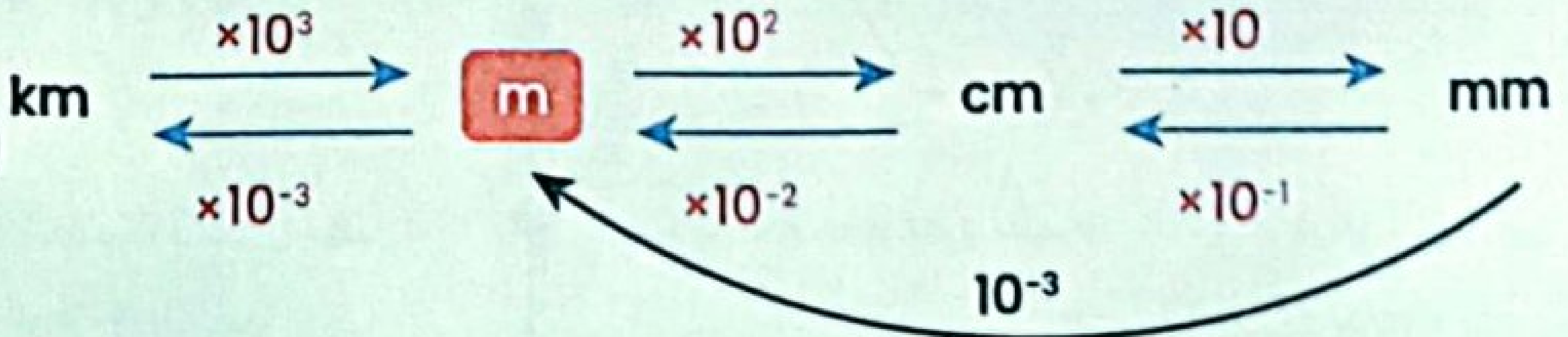
$$m_{\text{سلك}} = \rho_{\text{سلك}} A l \quad \rightarrow \quad l = \frac{m}{\rho A} = \frac{m}{\rho\,\pi r^2}$$

$$\therefore \sigma = \frac{m}{\rho\,(\pi r^2)^2 R} \xrightarrow{\text{نحوله إلي قانون نسبة}} \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{m_1 (r_2^2)^2\, R_2\, \rho_2}{m_2 (r_1^2)^2\, R_1\, \rho_1}$$

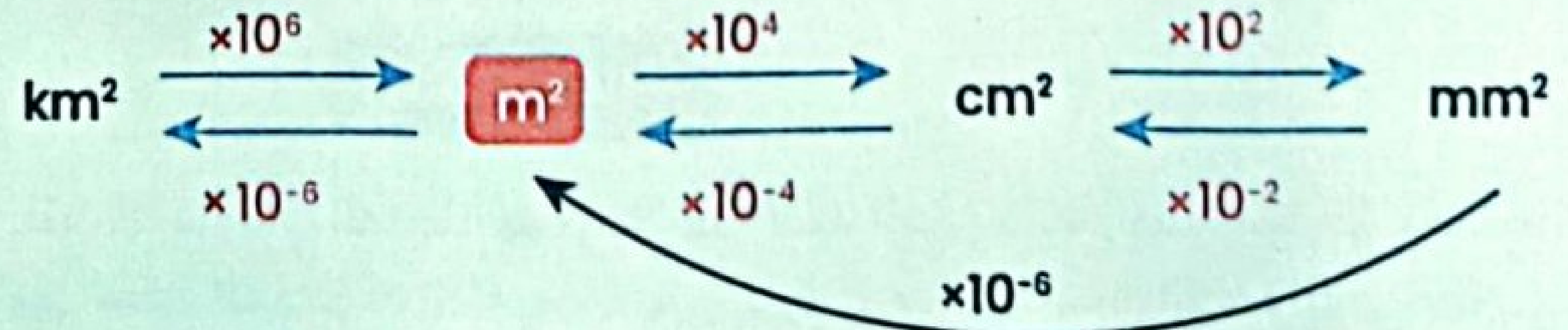
$$\therefore \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{3 \times (1^2)^2 \times 1 \times 3}{1 \times (2^2)^2 \times 1 \times 2} = \frac{9}{32}$$

بعض التحويلات

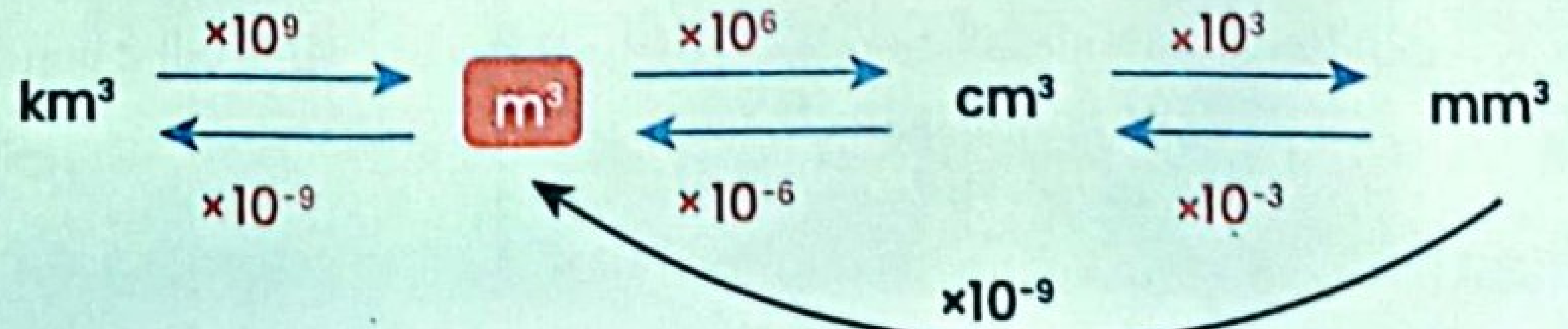
تحويلات الأطوال
(وحدتها الدولية الـ m)



تحويلات المساحات
(وحدتها الدولية الـ m²)



تحويلات الحجوم
(وحدتها الدولية الـ m³)



المحاضرة الرابعة

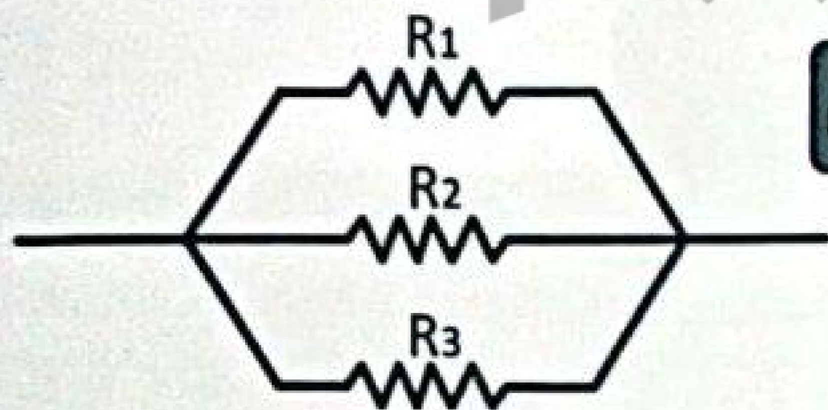
توصيل المقاومات

محتويات المحاضرة

- توصيل المقاومات على التوالي والتوازي
- أفكار مسائل (السلك عديم المقاومة / الفاضح)
- الشبكة الكهربية في المنزل (توصيل الأجهزة المنزلية - سلك المنصهر)
- حالة الإتزان / عدم مرور تيار
- طريقة النقط

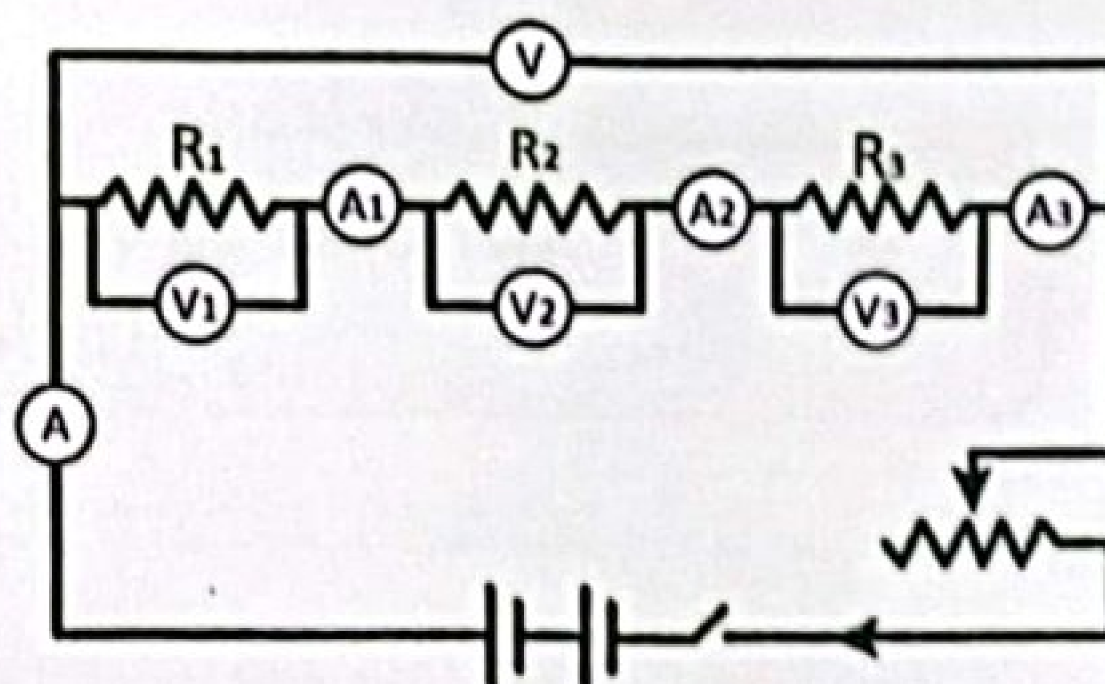
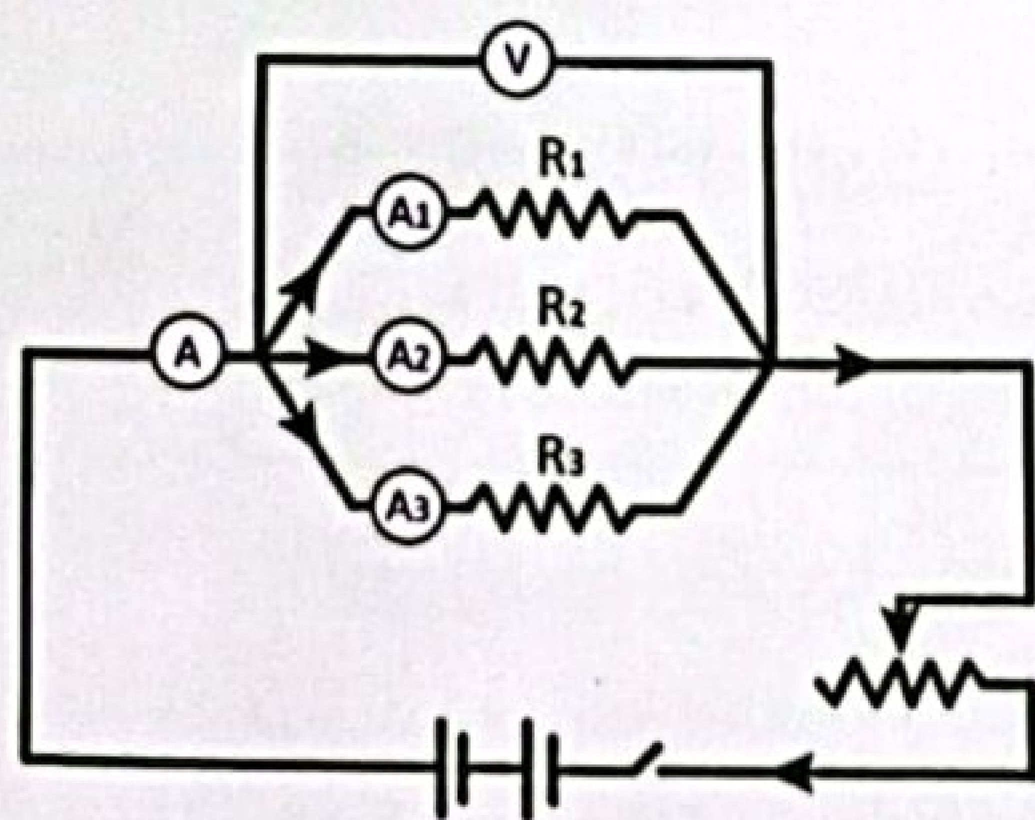
قارن بين توصيل المقاومات على التوالي والتوازي

قارن

	التوصيل على التوالي	التوصيل على التوازي
الغرض	الحصول على مقاومة كبيرة من مجموعة من المقاومات الصغيرة	الحصول على مقاومة صغيرة من مجموعة من المقاومات الكبيرة
طريقة التوصيل		
	تُوصل المجموعة بالكيفية المبينة لتكون بمثابة ممر متصل للتيار الكهربي (أي يمر التيار في المقاومة تلو الأخرى)	توصل المجموعة بالكيفية المبينة ليمر التيار في كل منها على التوازي مع الأخريات
شدة التيار	تقل شدة التيار الكلي كلما زادت المقاومات المتصلة على التوالي عند ثبات فرق الجهد للمجموعة	تزداد شدة التيار الكلي كلما زادت المقاومات المتصلة على التوازي عند ثبات فرق الجهد للمجموعة
	تكون متساوية في جميع المقاومات المتوالية $I_t = I_1 = I_2 = I_3 = ...$	تتجزأ على المقاومات المتوازية بنسبْ مقلوبات تلك المقاومات ويكون $I_t = I_1 + I_2 + I_3 + ...$

تابع توصيل المقاومات على التوالي والتوازي

قارن

التوصيل على التوالي	التوصيل على التوازي
فرق الجهد	
يُبذل في كل مقاومة شغل يتناسب مع قيمتها وبالتالي كلما زادت قيمة المقاومة زاد الجهد المستهلك فيها	تتصل المقاومات المتوازية بنفس النقاط وبالتالي يكون فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة يساوي فرق الجهد بين طرفي المقاومة الأخرى يساوي فرق الجهد بين طرفي المجموعة.
يتجزأ فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة المتوالية على مقاومات المجموعة بنفس نسب تلك المقاومات	
وبالتالي يكون $V_t=V_1+V_2+V_3+....$	وبالتالي يكون: $V_t=V_1=V_2=V_3=....$
المقاومة المكافئة	
$R`=R_1+R_2+R_3$	$\frac{1}{R`}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$
(إذا كانت المقاومات متساوية وعددها N) $R`=NR$	(إذا كانت المقاومات متساوية وعددها N) $R`=\frac{R}{N}$
الفكرة	
تساوي شدة التيار المار في جميع المقاومات المتصلة على التوالي.	ثبات فرق الجهد بين طرفي جميع المقاومات المتصلة على التوازي.
استنتاج القانون	
	
تُدمج المجموعة في دائرة كهربية تشمل بطارية وأميتر وريوستات ومفتاح موصلة جميعها على التوالي كما بالشكل	تُدمج المجموعة في دائرة كهربية تشمل بطارية وأميتر وريوستات ومفتاح موصلة جميعها على التوالي كما بالشكل
وبغلق الدائرة وتعديل مقاومة الريوستات يمكن إمرار تيار كهربي مناسب شدته It أمبير	وبغلق الدائرة وتعديل مقاومة الريوستات يمكن إمرار تيار كهربي مناسب شدته It أمبير

قارن

التوصيل على التوالي

- يُقاس فرق الجهد بين طرفي المقاومة R_1 وليكن V_1 وفرق الجهد بين طرفي المقاومة R_2 وليكن V_2 وفرق الجهد بين طرفي المقاومة R_3 وليكن V_3 ثم يُقاس فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة وليكن V، ونلاحظ أنه يساوي مجموع فروق الجهد على المقاومات بالدائرة، أي :

$$V_t=V_1+V_2+V_3$$

$$\because\ V_t=I_tR`\ ,V_1=I_1R_1\ ,V_2=I_2R_2\ ,V_3=I_3R_3$$

بالتعويض ينتج أن :

$$I_tR_t=I_1R_1+I_2R_2+I_3R_3$$

ولكن $I_t=I_1=I_2=I_3$

$$\therefore\ R`=R_1+R_2+R_3$$

- وتكون المقاومة المكافئة `R لمجموعة مقاومات متصلة على التوالي تساوي مجموع هذه المقاومات
- وإذا كانت المقاومات المكونة للمجموعة المتصلة على التوالي متساوية وقيمة كل منها R وعددها N يكون : $R`=NR$

التوصيل على التوازي

- عندئذ يُعين فرق الجهد الكلي بين طرفي مجموعة المقاومات المتصلة على التوازي بواسطة فولتميتر وليكن V فولت
- وتُقاس بعد ذلك شدة التيار المار في المقاومة R_1 وليكن I_1، وشدة التيار المار في المقاومة R_2 وليكن وشدة التيار المار في المقاومة R_3 وليكن I_3 ويُلاحظ أن :

$$I_t=\frac{V}{R`}\ ,\ I_1=\frac{V}{R_1}\ ,\ I_2=\frac{V}{R_2}\ ,\ I_3=\frac{V}{R_3}$$

حيث `R هي المقاومة المكافئة و V هو فرق الجهد على المقاومات المتصلة على التوازي، ولأن التيار الكلي It هو مجموع التيارات $I_t=I_1+I_2+I_3$

$$\therefore\ \frac{V_t}{R`}=\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_2}{R_2}+\frac{V_3}{R_3}$$

$$\therefore\ \frac{1}{R`}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

- وعندئذ تكون المقاومة المكونة للمجموعة المتصلة على التوازي متساوية وقيمة كل منها R وعددها N لذلك $R`=\frac{R}{N}$

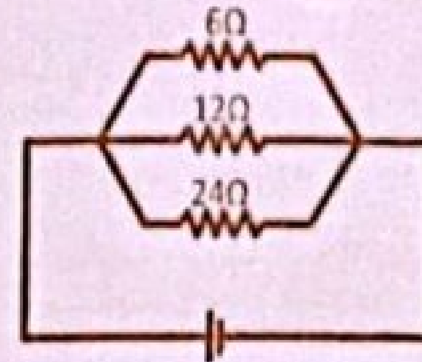
علل ؟! تزداد المقاومة بزيادة طول الموصل؟

لأن زيادة الطول تعمل كزيادة عدة أجزاء من السلك متصلة على التوالي فتزداد المقاومة، وتتناسب المقاومة طردياً مع طول الموصل $(R \propto L)$.

علل ؟! تقل المقاومة بزيادة مساحة مقطع الموصل؟

لأن زيادة مساحة المقطع تعمل كزيادة عدة مقاومات متصلة على التوازي، وتتناسب المقاومة عكسياً مع مساحة مقطع الموصل $(R \propto \frac{1}{A})$

مثال



$$\frac{1}{R`}=\frac{1}{6}+\frac{1}{12}+\frac{1}{24}=\frac{4}{24}+\frac{2}{24}+\frac{1}{24}=\frac{7}{24}$$

$$R`=\frac{24}{7}\Omega=3.429\,\Omega$$

ملاحظات

- بشكل عام
- في التوالي تكون المقاومات متصلة خلال نفس الفرع بحيث يمر بها نفس التيار

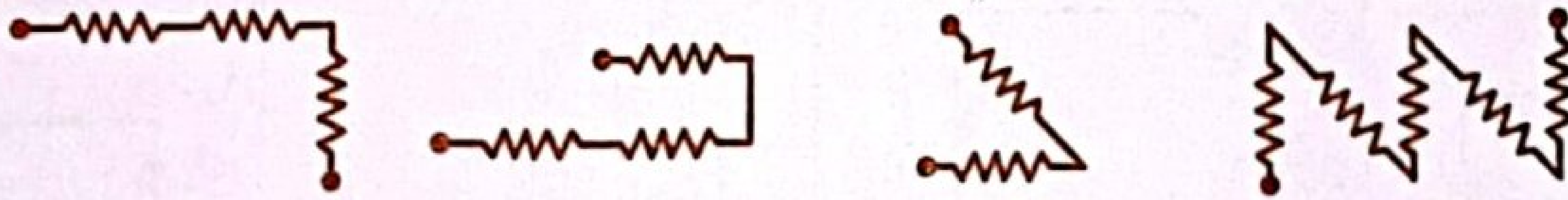
في التوازي تكون المقاومات متصلة في أفرع مختلفة بين نفس النقطتين بحيث يكون فرق الجهد عليها متساوي

- في حالة التوصيل على التوالي تكون المحصلة دائمًا أكبر من أكبر مقاومة في المجموعة، وتتحدد المقاومة الكلية بالمقاومة الأكبر في المجموعة
- في حالة التوصيل على التوازي تكون المحصلة دائمًا أقل من أقل مقاومة في المجموعة، وتتحدد المقاومة الكلية بالمقاومة الأصغر في المجموعة
- في حالة توصيل مقاومتين فقط على التوازي يمكن التوصل إلى قانون لتسهيل الحل كما يلي

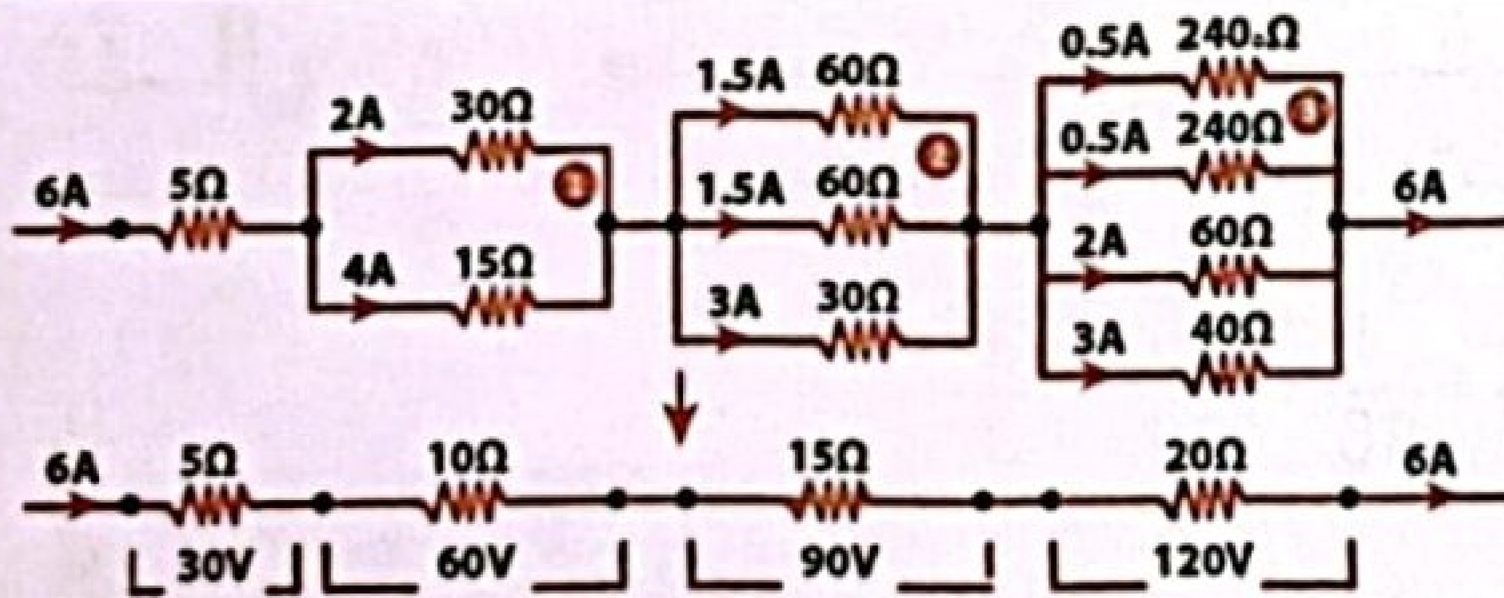
$$\frac{1}{R`}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=\frac{R_2}{R_1R_2}+\frac{R_1}{R_1R_2}=\frac{R_1+R_2}{R_1R_2} \quad :$$

$$R_{1,2}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$$ (ضربهم على جمعهم)

- بعض الأشكال الأخرى للتوصيل على التوالي (+):



- بعض الأشكال الأخرى للتوصيل على التوازي (//)



يمكن استخدام القانون التالي لحساب تيار الفرع لعدة فروع (مقاومات) متصلة على التوازي

$$I_{\text{فرع}}=\frac{I_{\text{مجموعة}}\,R_{\text{مجموعة}}}{R_{\text{فرع}}}$$

في التوالي يكون التيار متساوي؛ فيكون في الرسم السابق التيار 6A المار في المقاومة الأولي 5Ω مساوياً لمجموع التيارات في كل من مجموعة المقاومات 1، 2، 3

- في التوالي يقسم الجهد بنفس نسب المقاومات بمعنى أنه في المثال السابق يكون

R	5Ω	10Ω	15Ω	20Ω
نسب المقاومات	1	2	3	4
الجهد	30V	60V	90V	120V

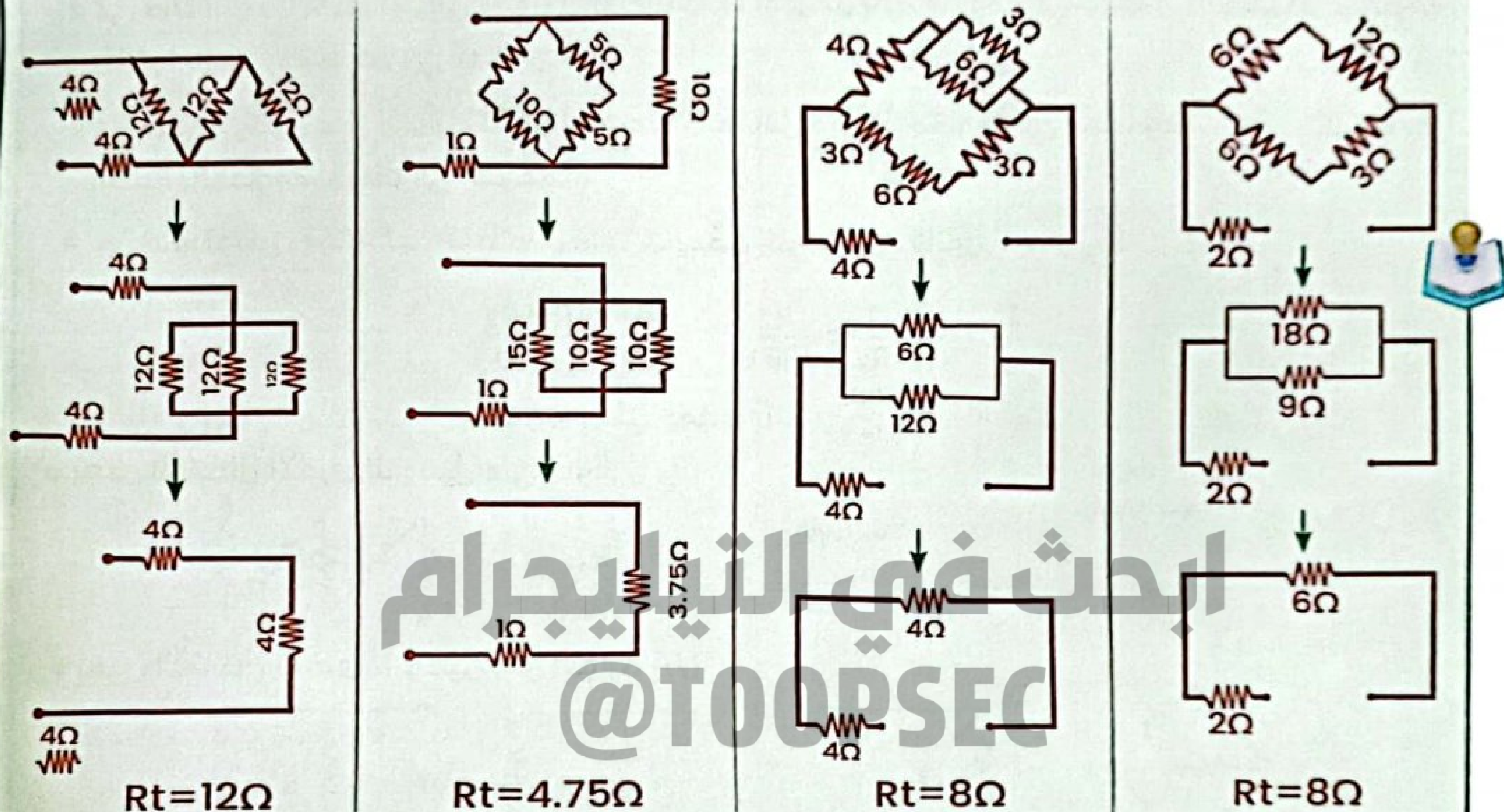
- في التوازي يكون الجهد متساوي بمعنى أنه في المثال السابق جهد المقاومتين 15Ω , 30Ω يكون 60V
- في التوازي يُقسّم التيار بنسب مقلوبات المقاومات.

ملاحظات

المقاومة المكافئة هى المقاومة الواحدة التي تؤدي عمل مجموعة من المقاومات عند توصيلها بنفس فرق الجهد لكي يمر بنفس التيار

مثال

أوجد المقاومات المكافئة لمجموعة المقاومات المتصلة كما بالشكل



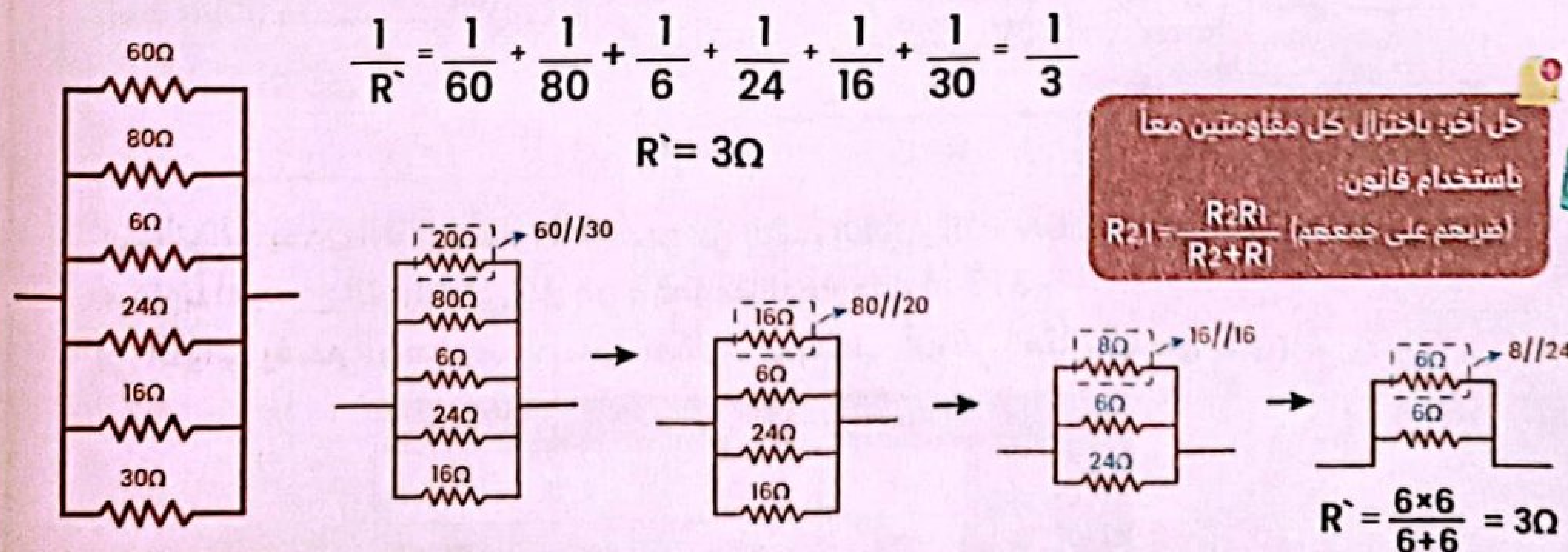
مثال

أوجد المقاومات المكافئة لمجموعة المقاومات المتصلة كما بالشكل

$$\frac{1}{R`} = \frac{1}{60} + \frac{1}{80} + \frac{1}{6} + \frac{1}{24} + \frac{1}{16} + \frac{1}{30} = \frac{1}{3}$$

$R` = 3Ω$

حل آخر: باختزال كل مقاومتين معاً باستخدام قانون: $R_{21} = \frac{R_2 R_1}{R_2 + R_1}$ (ضربهم على جمعهم)

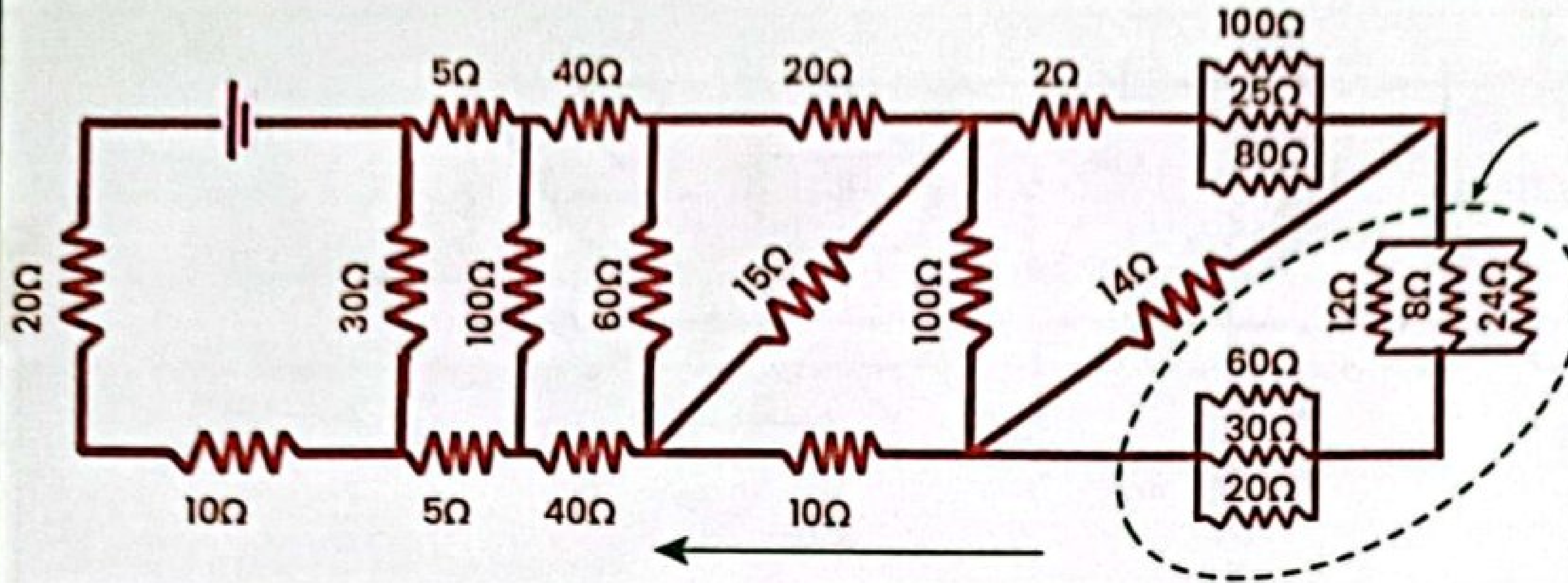


$$R` = \frac{6 \times 6}{6+6} = 3Ω$$

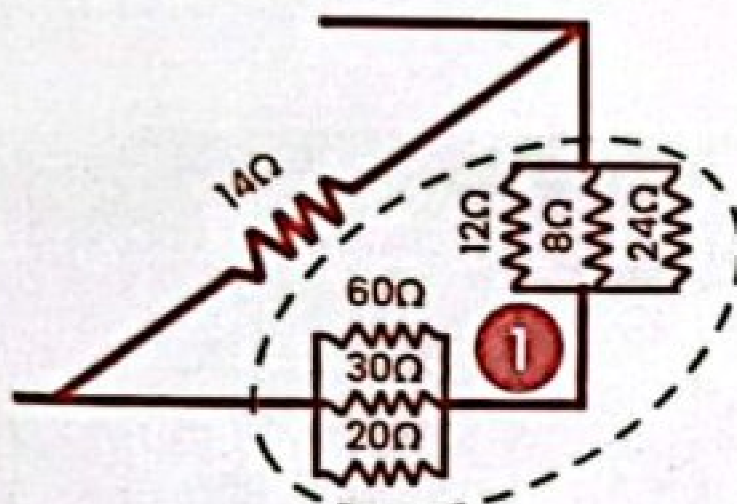
Success is not final, failure is not fatal: it is the courage to continue that counts

مثال

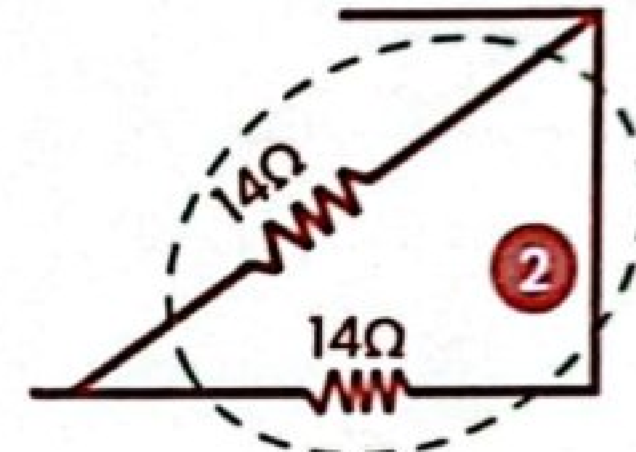
أوجد المقاومات المكافئة لمجموعة المقاومات المتصلة كما بالشكل.



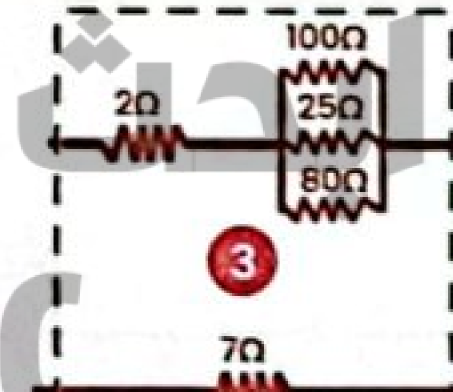
نبدأ تبسيط الرسم باختزال المقاومات بدءاً من الطرف الأخير للدائرة



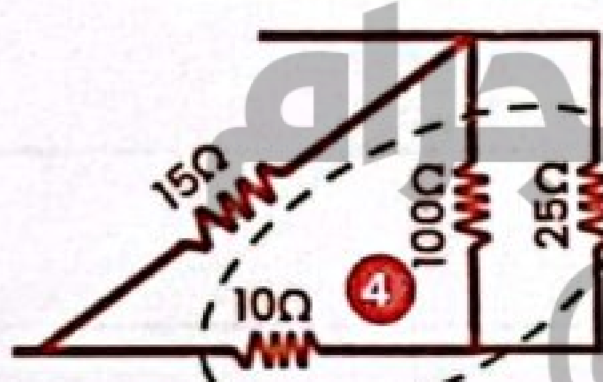
1- 60//30//20=10Ω
→ 12//8//24=4Ω → 10+4=14Ω



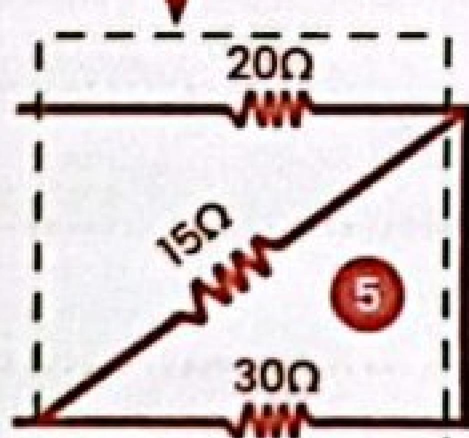
2- 14//14=7Ω



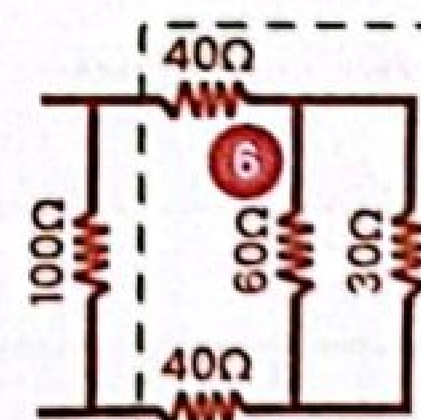
3- 100//25//80=16Ω → 7+16+2=25Ω



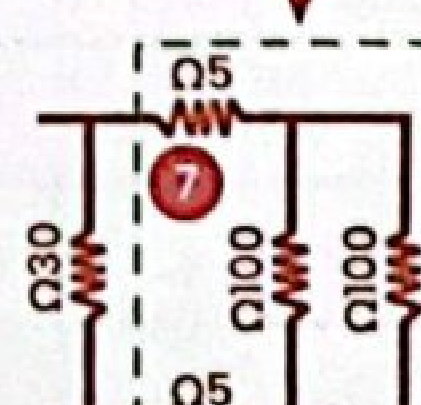
4- 100//25=20Ω → 20+10=30Ω



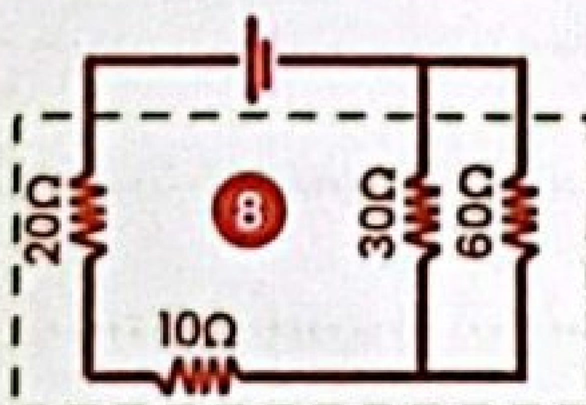
5- 30//15=10Ω → 10+20=30Ω



6- 30//60=20Ω → 40+20+40=100Ω



7- 100//100=50Ω → 50+5+5=60Ω



8- 60//30=20Ω → 20+10+20=50Ω

مثـــال

أوجد المقاومات المكافئة لمجموعة المقاومات المتصلة كما بالشكل.

حاول بنفسك

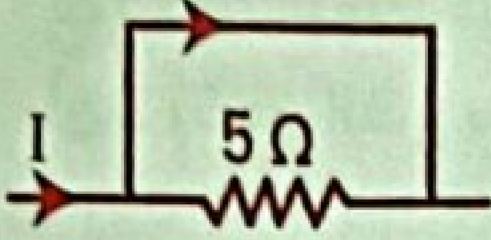
فكرة السلك الفاضي

ملحوظة

الشرط الذي يجعل التيار يمر عبر السلك الفاضي و يترك المقاومة:
أن السلك الفاضي يوصل التيار بين نفس النقطتين التي توصل بينهم المقاومة (أي يكونوا متصلين على التوازي)

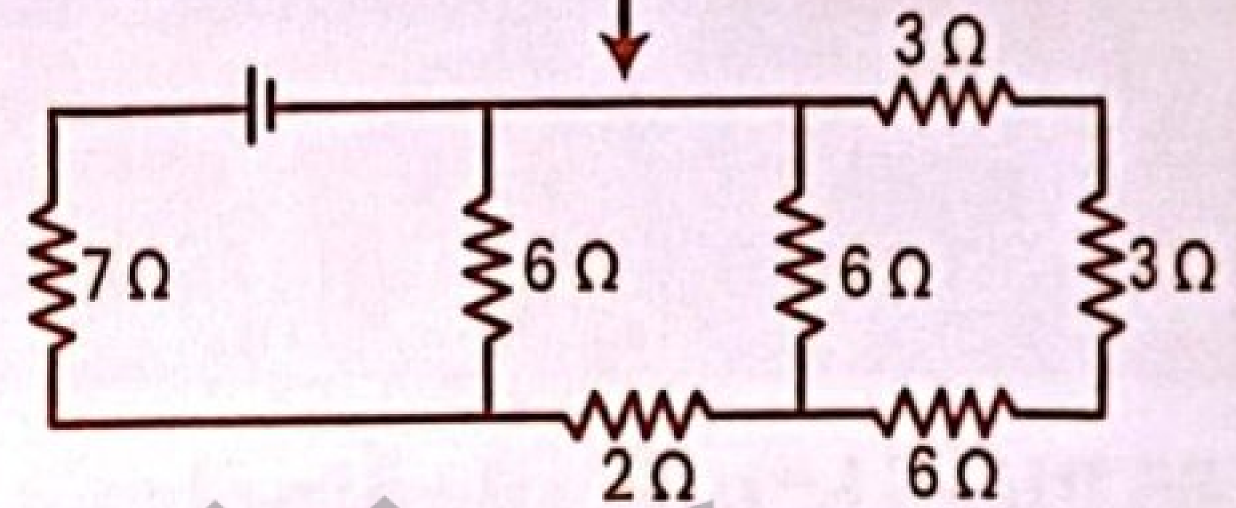
مثال

هنا المقاومات مقسمة بنسبة 5:0 ، إذا التيار يقسم بنسبة 0:5 أي أن التيار كله يمر عبر المقاومة 0Ω (السلك الفاضي/عديم المقاومة)، ولا يمر تيار عبر المقاومة 5Ω .



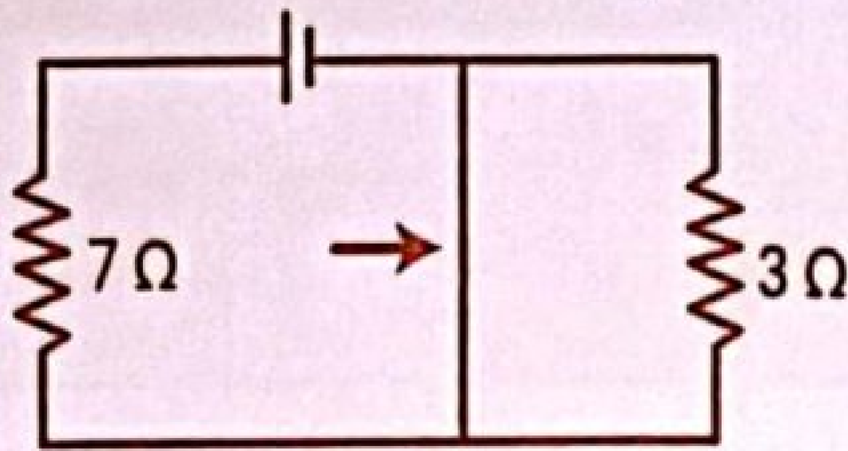
مثال

(أمثلة توضيحية على فكرة السلك الفاضي) احسب المقاومة المكافئة في كل من الحالات الآتية.



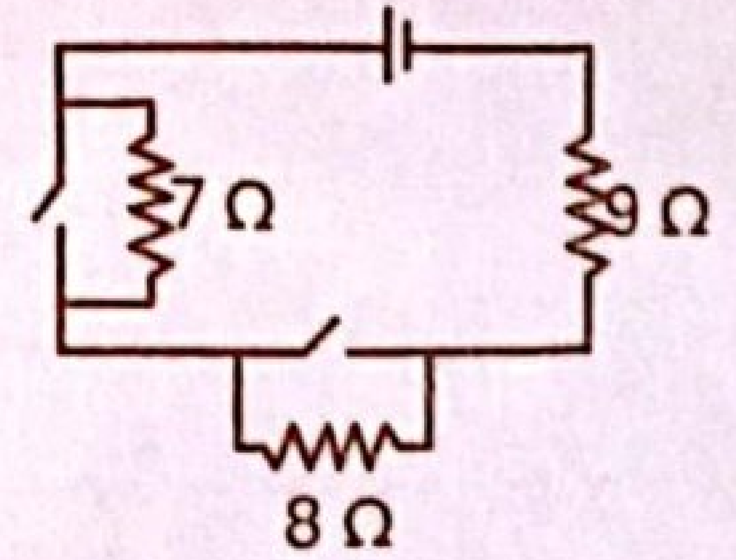
Rt =10 Ω

انظر إلي السلك المشار إليه تجد أنه لا ينطبق عليه الشرط و ذلك لأنه لا يتصل مع مقاومة بين نفس النقطتين (أي لا يتصل على التوازي مقاومة)

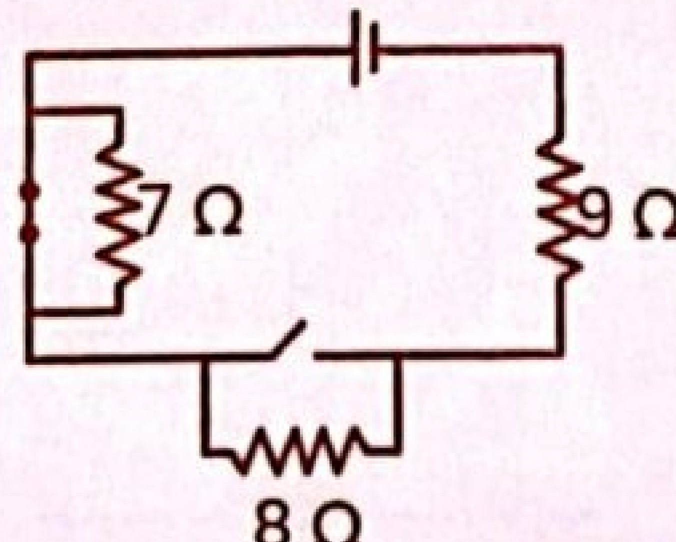


Rt =7 Ω

نجد أن المقاومة المكافئة 7 أوم و هنا ينطبق شرط السلك الفاضي حيث نجد أن السلك الفاضي يصل بين نفس النقطتين التي توصل بينهما المقاومة 3Ω

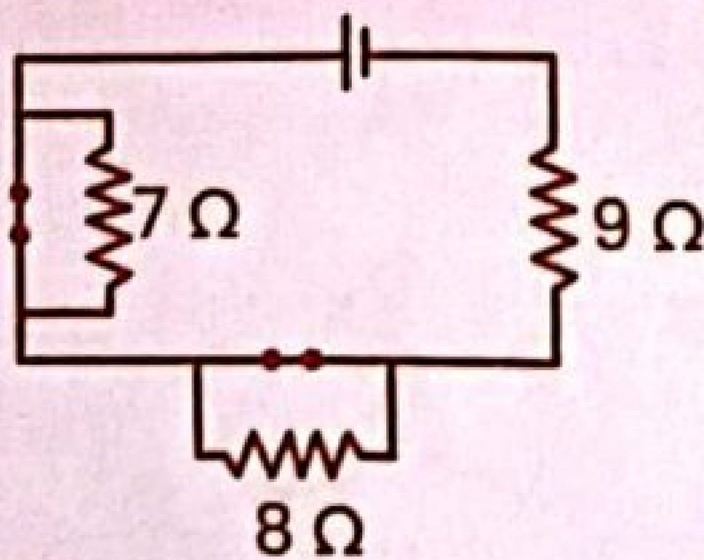


Rt = 7 + 8 + 9 = 24Ω



Rt = 8 + 9 = 17Ω

التيار يمر في السلك الفاضي ولا يمر في المقاومة 7Ω



Rt =9 Ω

التيار يمر في السلك الفاضي ولا يمر في المقاومة 7Ω و 8Ω

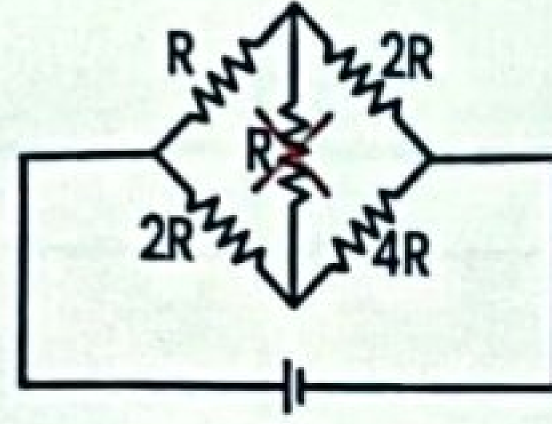
أفكار مسائل (حالة الاتزان / عدم مرور التيار)

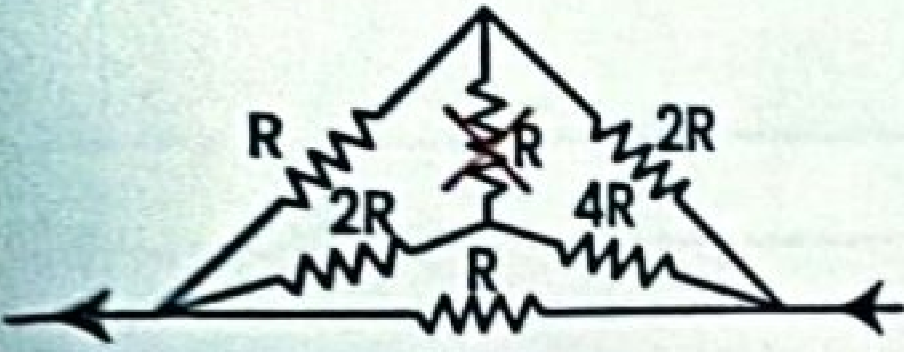
- شروط حالة الاتزان

تُلغى مقاومة الفرع في حالة:

- أن تكون النسبة بين المقاومتين عند الطرف الأول لها تساوي النسبة بين المقاومتين عند الطرف الثاني لها.
- أن لا يكون الفرع مدخل أو مخرج للتيار.

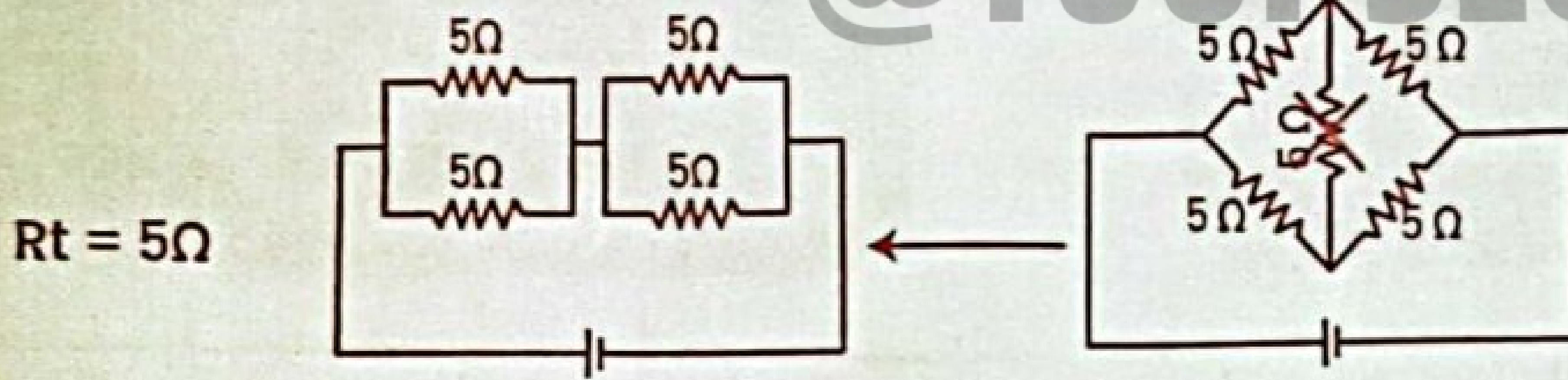
لاحظ بعض أشكال حالة الاتزان:



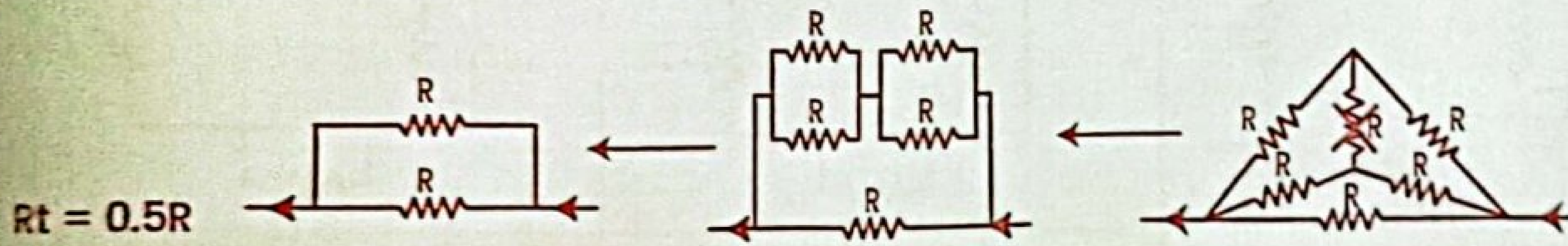


مثال

(أمثلة توضيحية على فكرة الاتزان) احسب المقاومة المكافئة في كل من الحالات الآتية.



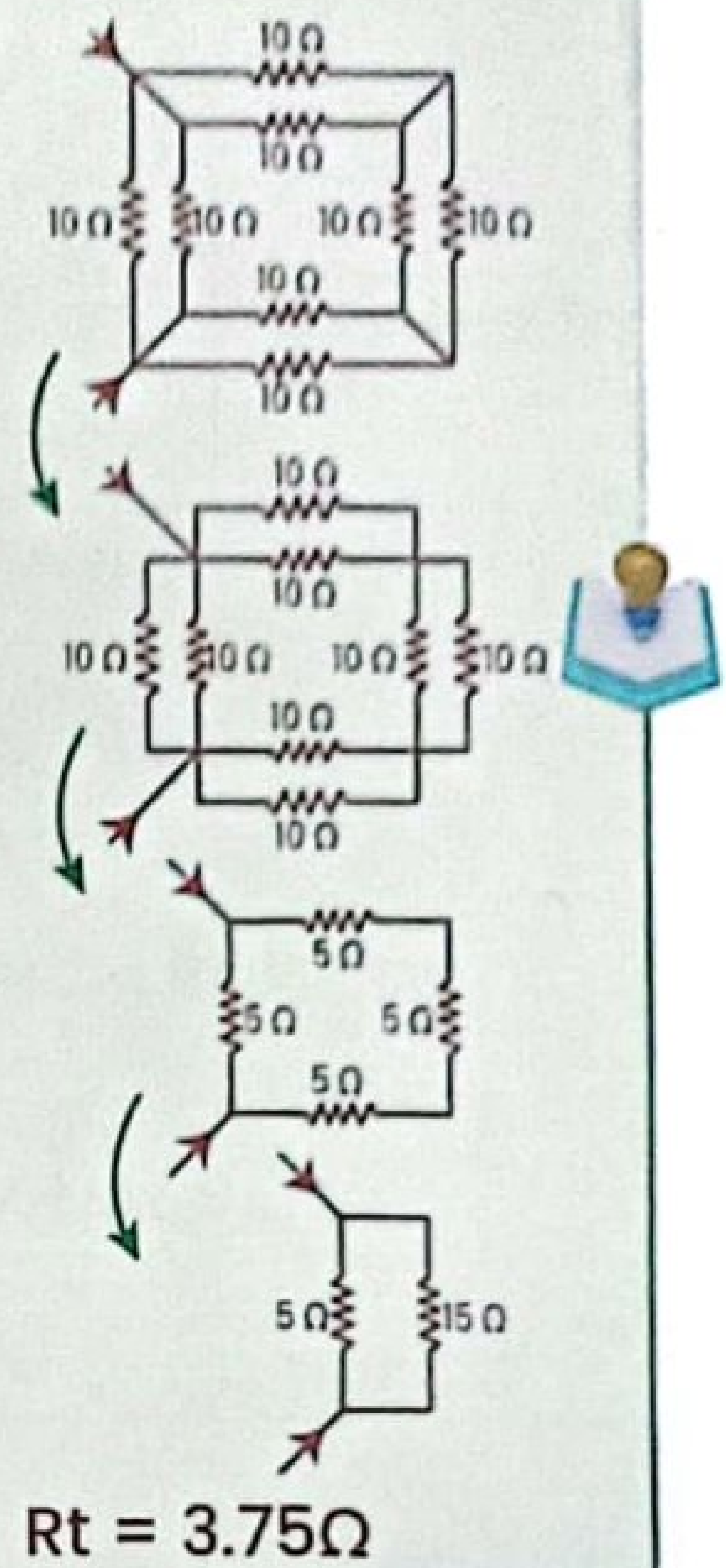
Rt = 5Ω



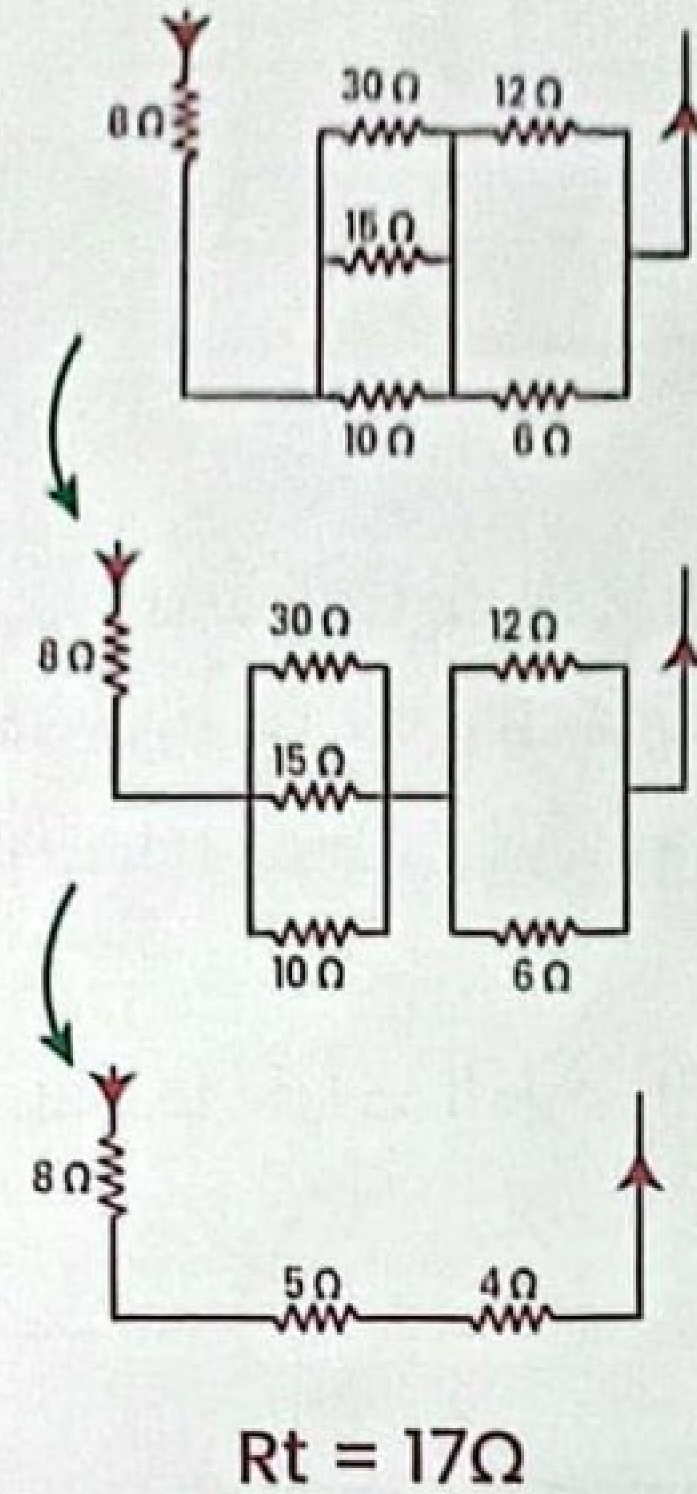
Rt = 0.5R

مثـــال •

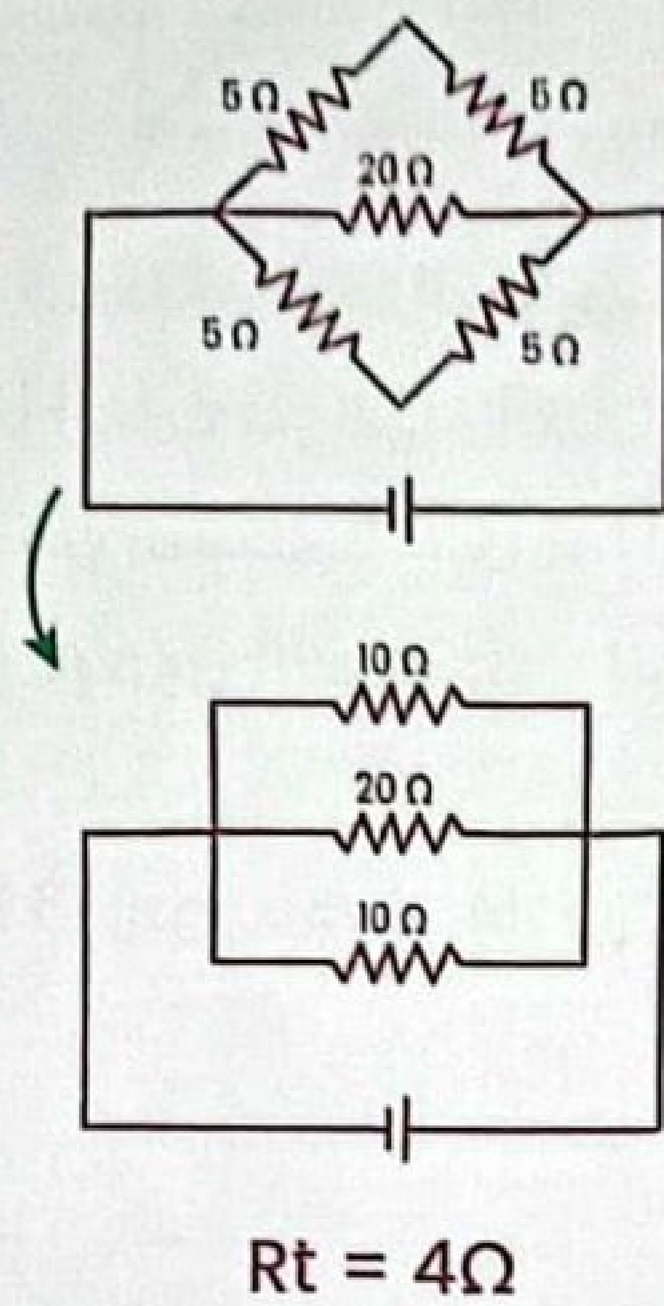
(حلول لبعض مسائل الواجب) أوجد المقاومة المكافئة لكل من الأشكال الآتية.



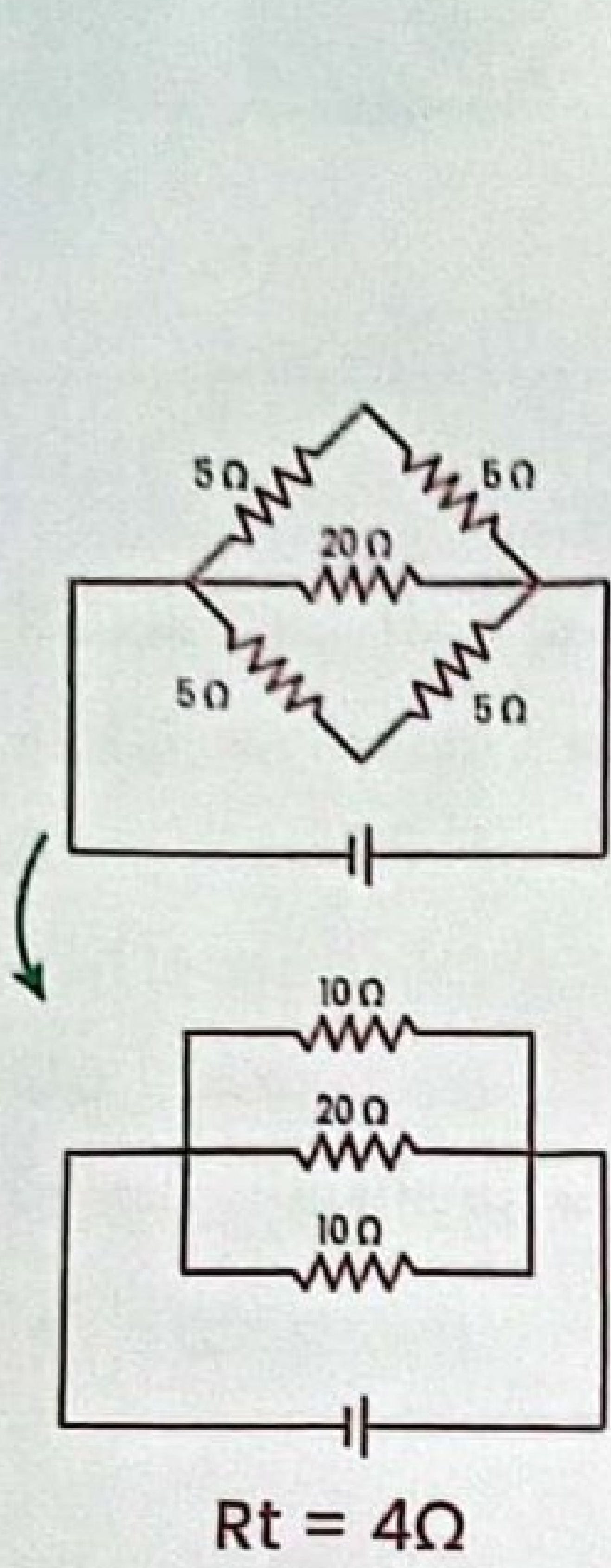
Rt = 3.75Ω



Rt = 17Ω



Rt = 4Ω

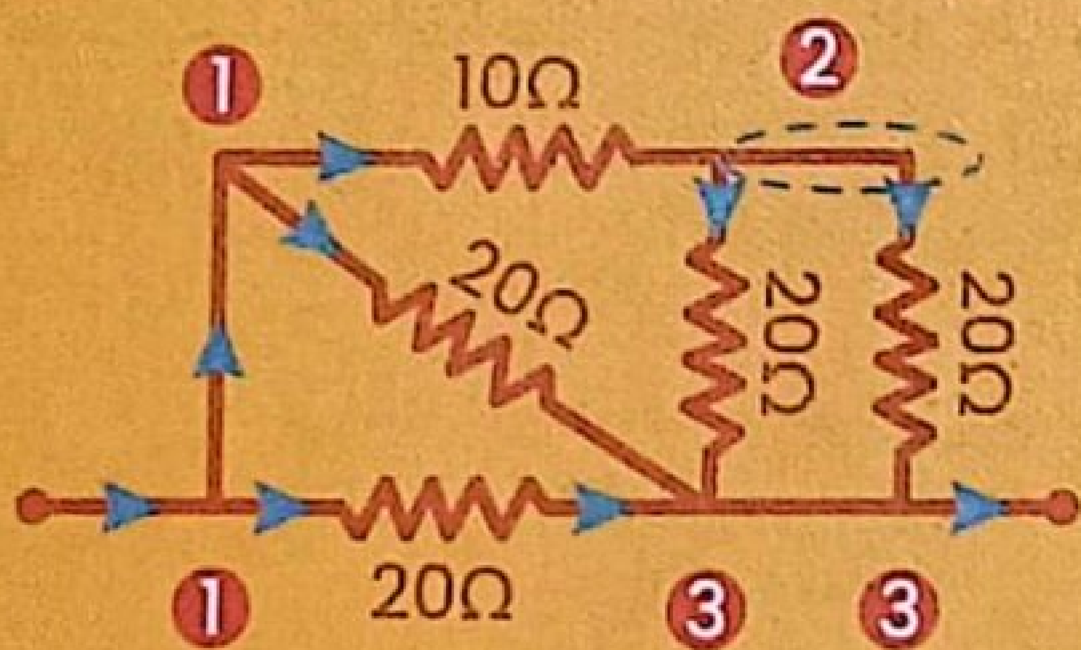


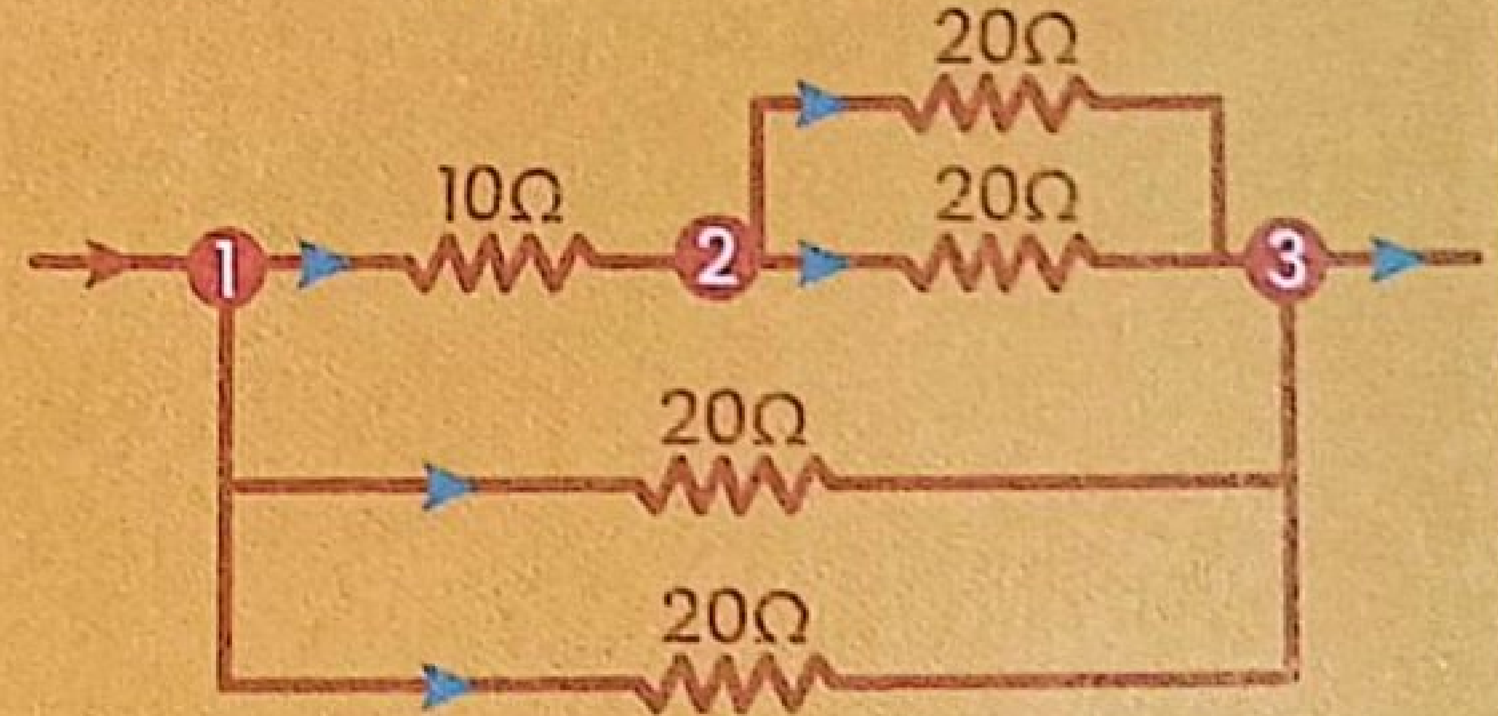
Rt = 4Ω

طريقة النقط لحساب المقاومات •

- تكون النقطة عند موجب البطارية (مدخل التيار) صاحبة الجهد الأكبر ← بداية الترقيم.
- تكون النقطة عند سالب البطارية (مخرج التيار) صاحبة الجهد الأقل ← نهاية الترقيم.
- يمر التيار من الجهد الأعلى إلى الجهد الأقل خلال المقاومات ← ترتيب الترقيم.
- يتساوى الجهد عند النقاط التي لا توجد بينها مقاومات (سلك فاضي) ← نفس الرقم.

ثم نقوم بإعادة رسم الدائرة في الصورة الأبسط لها





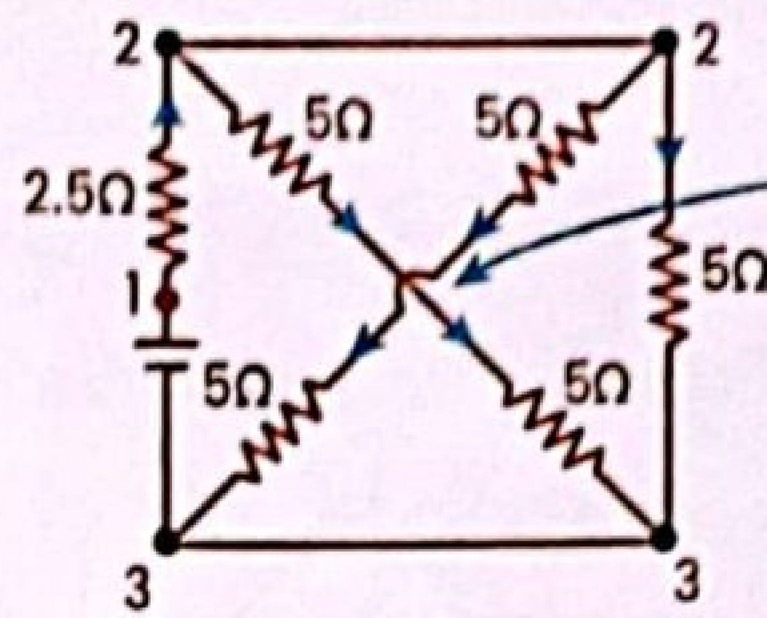
1 10Ω 2 20Ω 20Ω 20Ω 1 20Ω 3 3

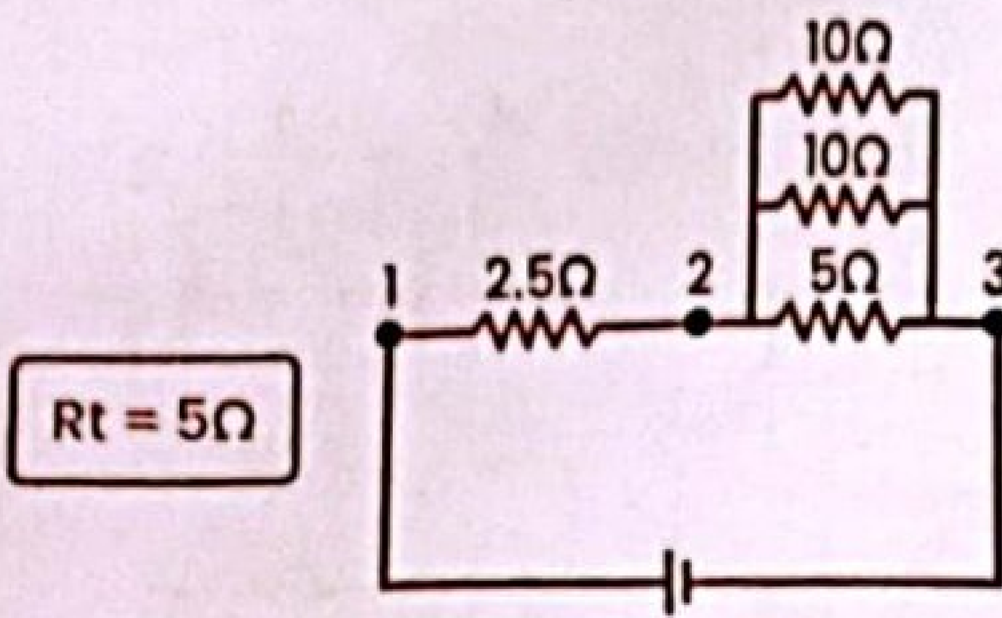
خطأ مشهور

انظر إلى السلك المشار إليه تجد أنه لا ينطبق عليه الشرط (شرط إلغاء المقاومة) و ذلك لأنه لا يتصل مع مقاومة بين نفس النقطتين (أي لا يتصل على التوازي مقاومة)

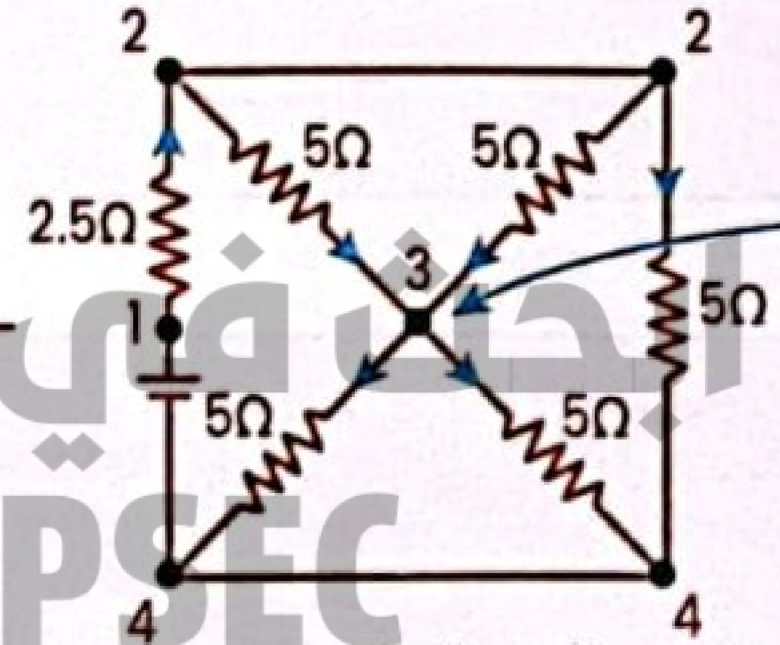
مثـــال

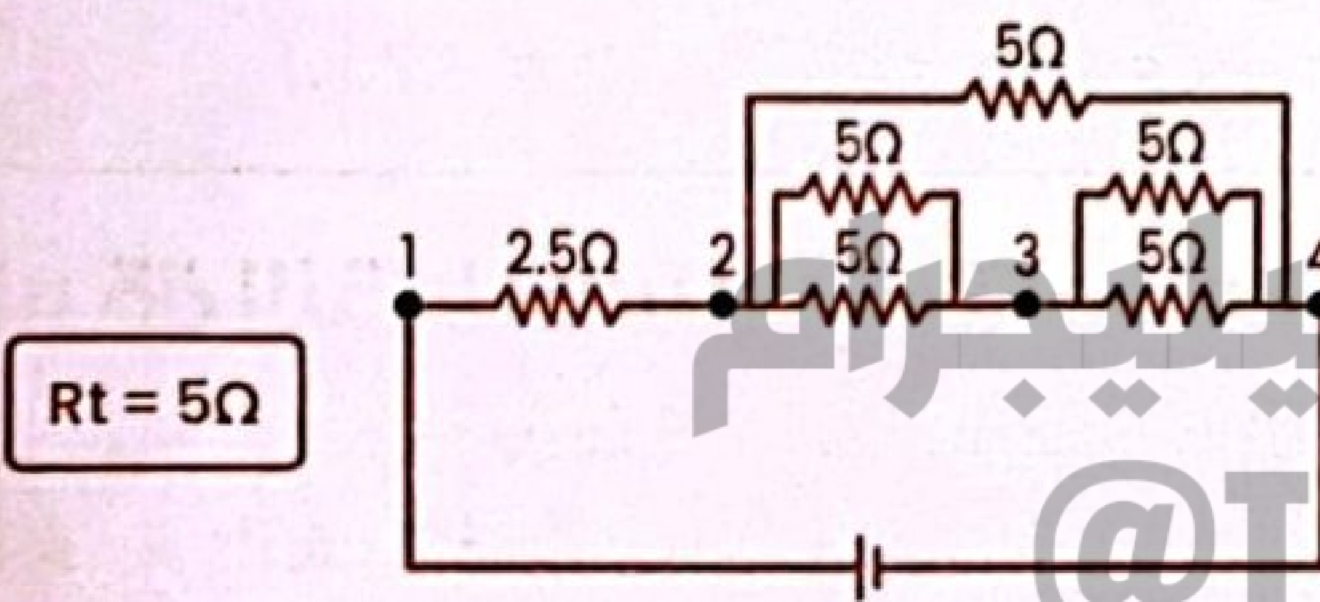
أوجد المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات المتصلة بالشكل.



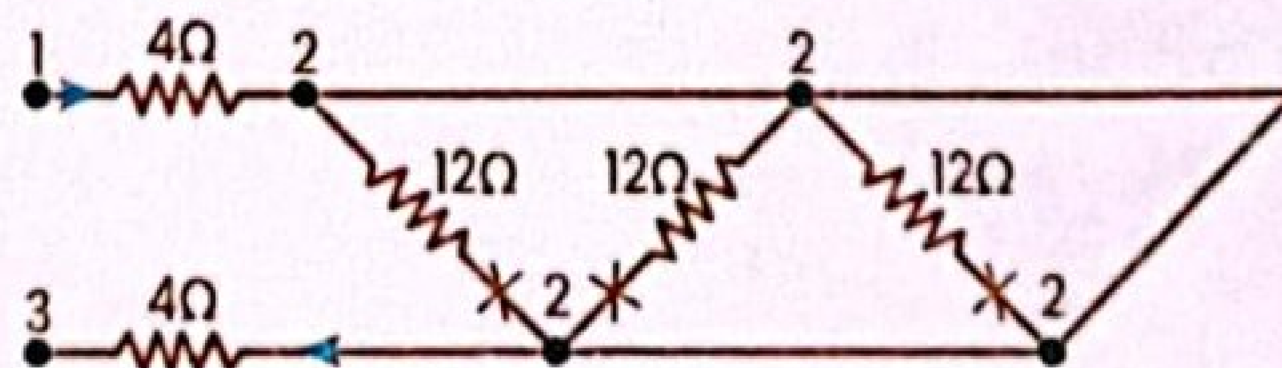


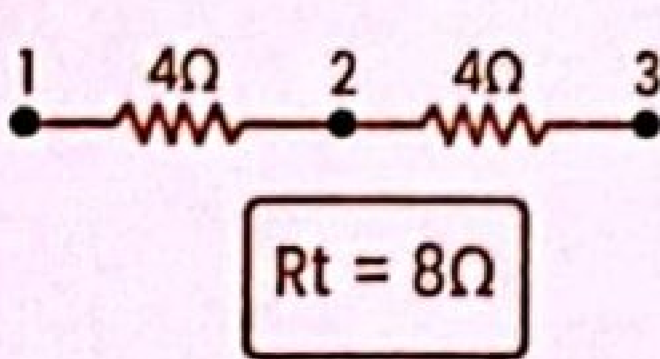
- النقطة 1 هى أعلى النقاط جهداً (موجب البطارية).
- وتطلق من النقطة 1 سهماً (يدل على اتجاه التيار) لتصيب نقطة التقاطع التي تليه وهى النقطة 2، حيث أن النقطة 2 أقل جهداً من النقطة 1 نظراً لما استُنفذ من جهد خلال المقاومة 2.5Ω.
- نظراً لوجود السلك الفاضي فيكون الطرف الآخر للسلك أيضاً له نقطة 2 لأن فرق الجهد عبر السلك الفاضي بصفر.
- ثم نطلق السهام من نقطة 3، ويوجد سلك فاضي أيضاً بالأسفل فيأخذ الطرف الآخر أيضاً نقطة 3، ثم نعيد الرسم.

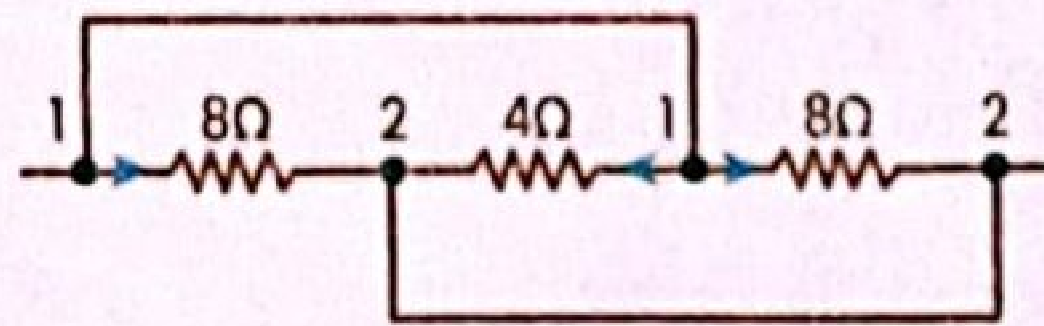


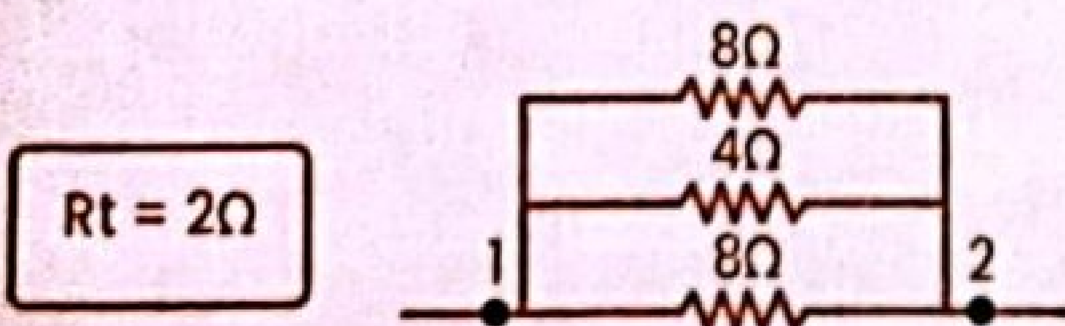


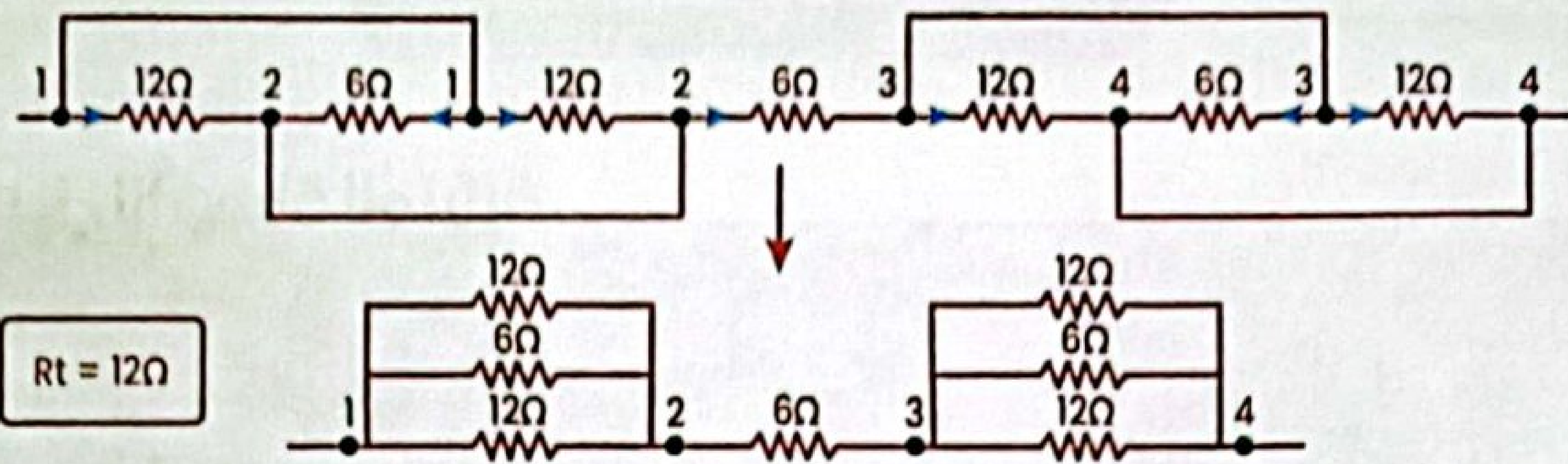
- التيار خارج من البطارية من النقطة 1.
- ونطلق السهام من النقطة 1 لتُصيب النقطة 2، ثم نطلق السهام من النقطة 2 لتُصيب النقطة 3 حيث أن النقطة 3 هى نقطة تقاطع.
- ثم نطلق السهام من النقطة 3 لتُصيب النقطة 4 ، ثم نعيد الرسم.



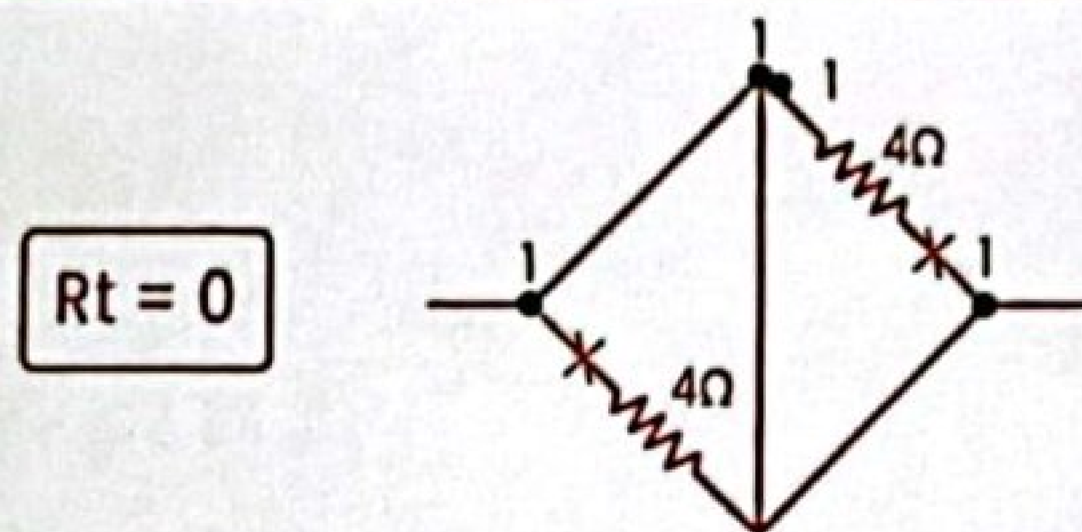




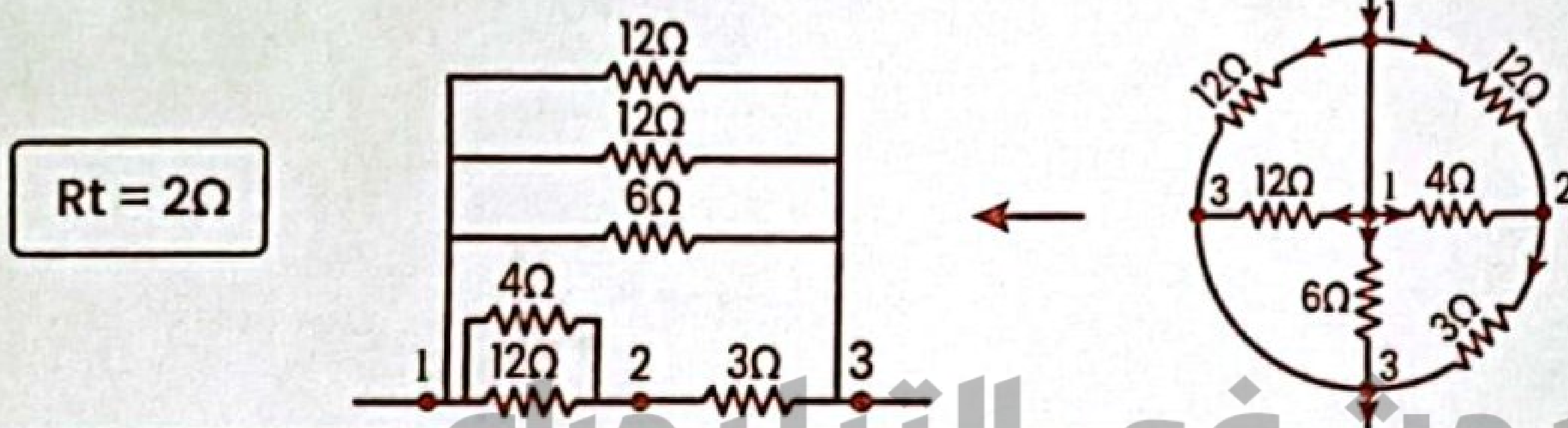




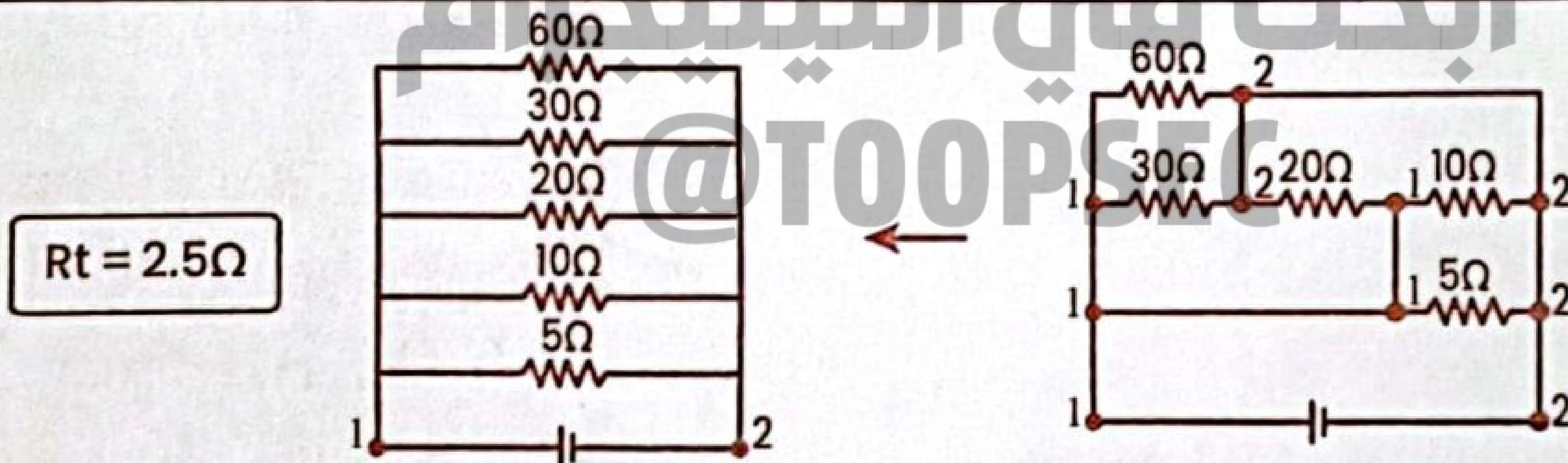
Rt = 12Ω



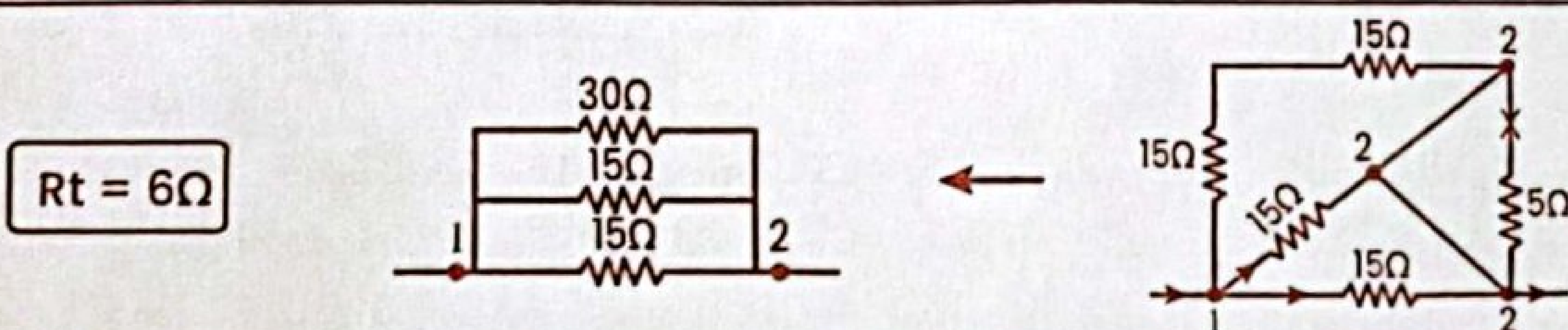
Rt = 0



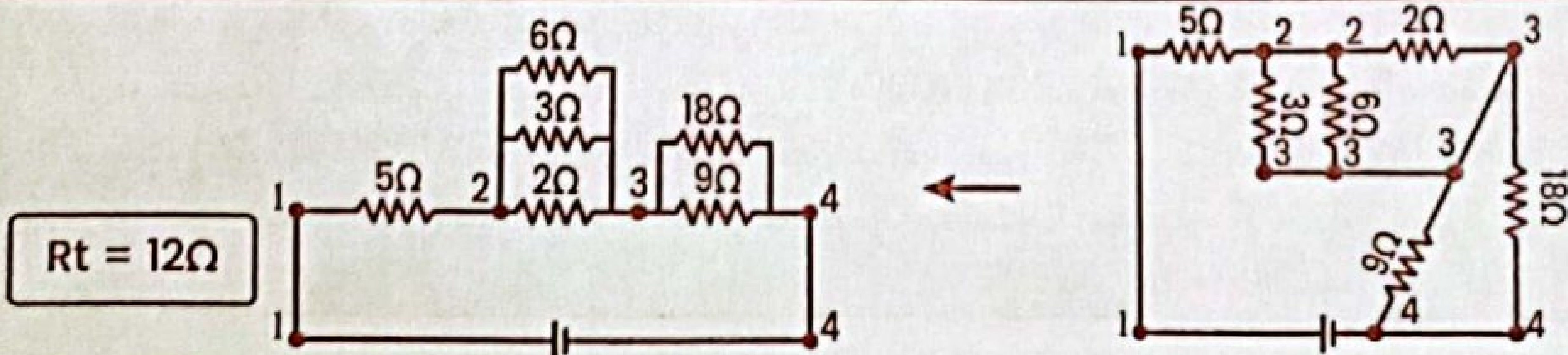
Rt = 2Ω



Rt = 2.5Ω



Rt = 6Ω



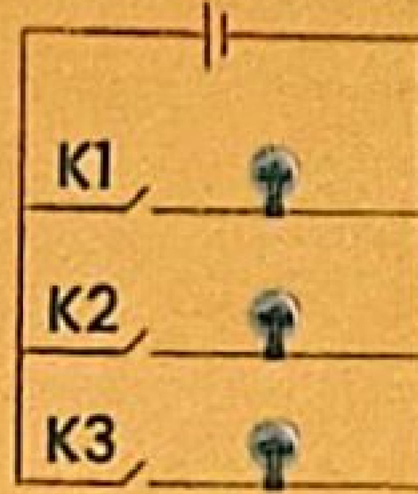
Rt = 12Ω

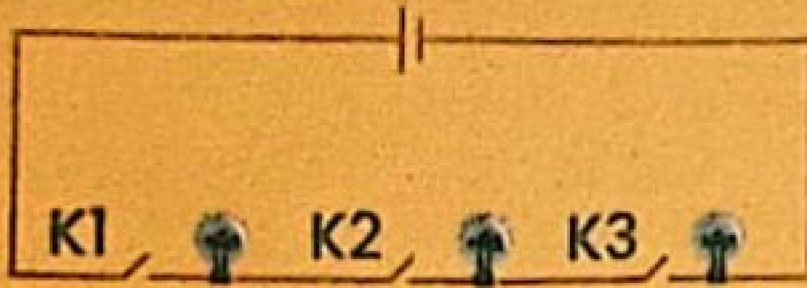
توصيل الأجهزة المنزلية

توضيح 1:

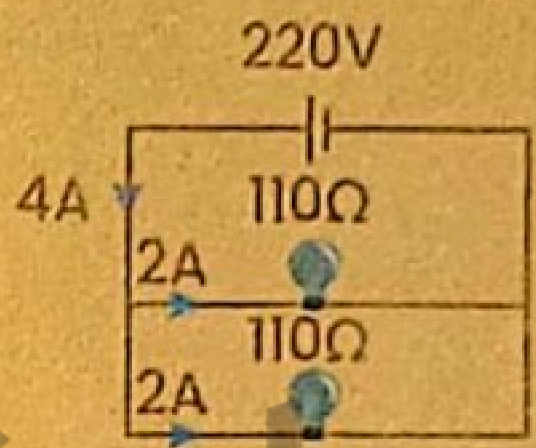
- عند توصيل ال3 مصابيح علي التوالي ويتم فتح أحد المفاتيح K1 , K2 , K3 نجد أن المصابيح لا تضيء إطلاقاً.
- عند توصيل ال3 مصابيح علي التوازي ويتم فتح K1 (مثلاً) نجد أن المصباحين K2 , K3 يظلان مضيئان، عند فتح K2 (مثلاً) نجد أن المصباحين K1 , K3 يظلان مضيئان.

– في التوصيل على التوازي: إذا تلف أو أطفئ جهاز فإن باقي الأجهزة لا تتأثر



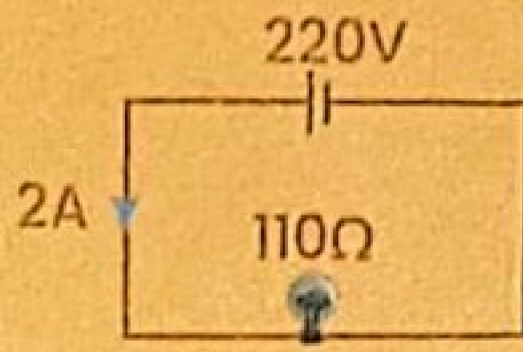


توضيح 2:

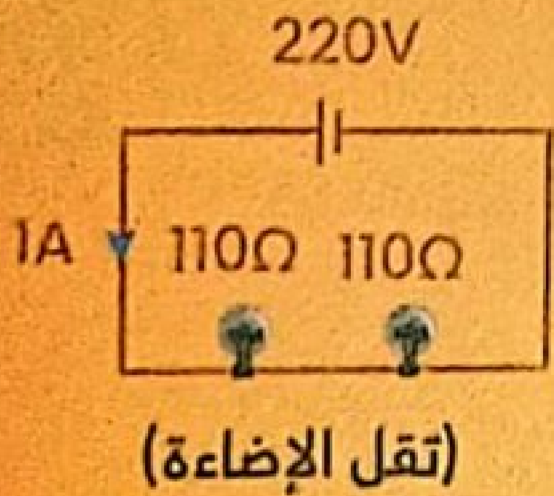


(تظل الإضاءة كما هي)

عند توصيل مصباح آخر على التوازي

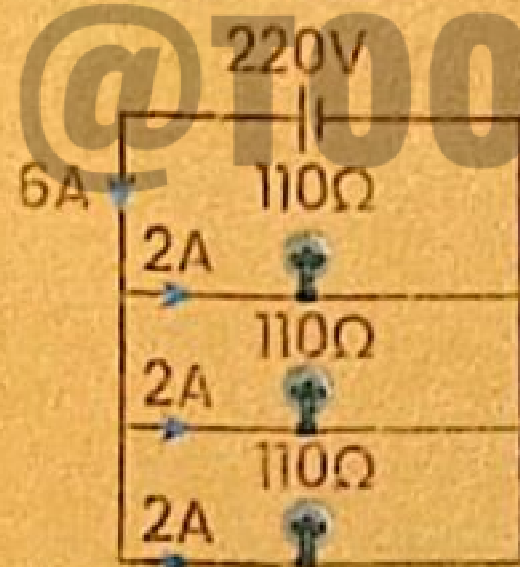


عند توصيل مصباح آخر على التوالي



(تقل الإضاءة)

عند توصيل مصباحين آخرين على التوازي



(تظل الإضاءة كما هي)

في التوصيل على التوازي: كلما أتصل جهاز قلت المقاومة المكافئة وزاد التيار الكلي؛ فلا تؤثر على شدة التيار في باقي الأجهزة

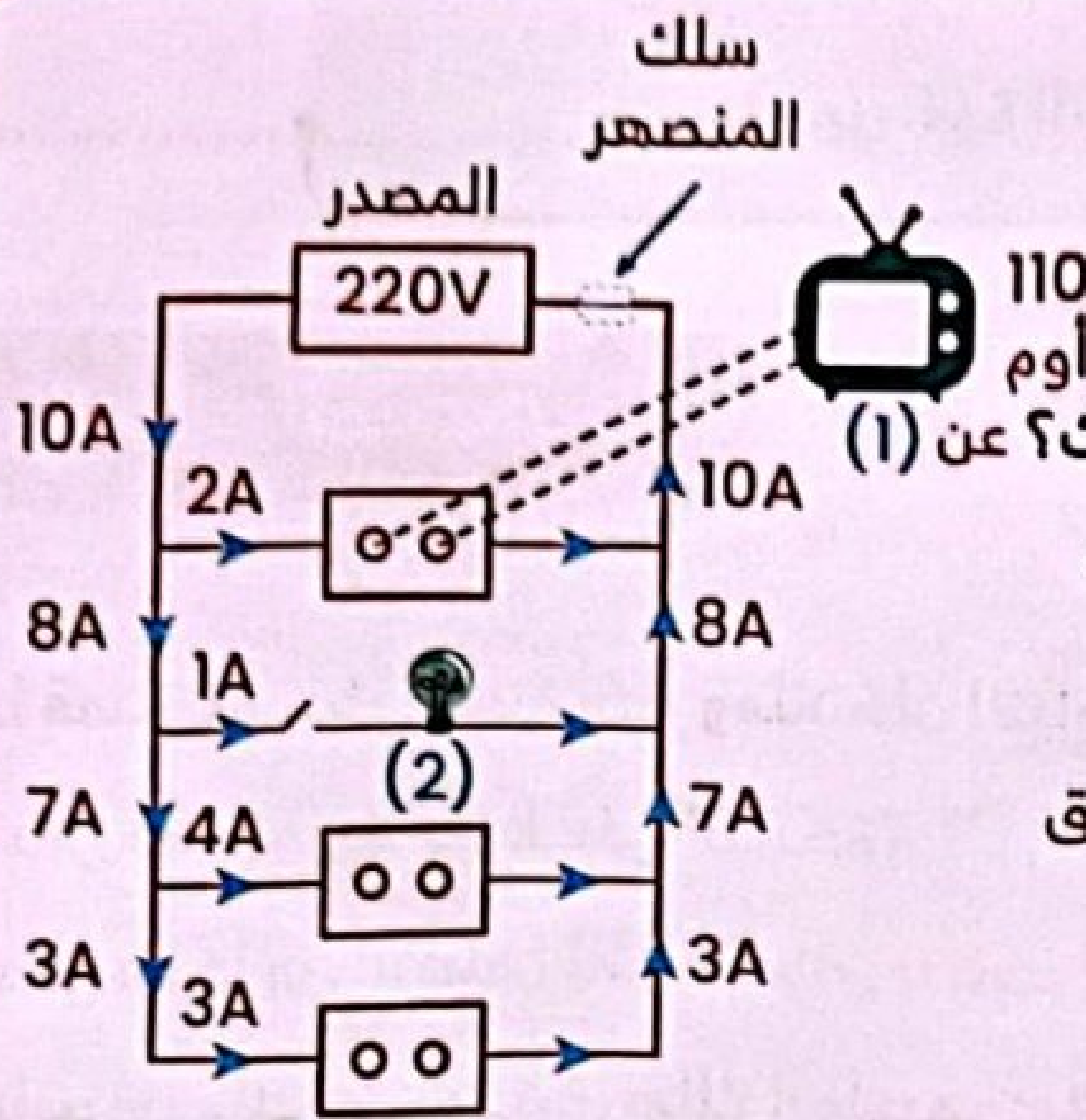
توضيح 3:

- لمعرفة قيمة المقاومة التي توضع للمصباح لا بد من معرفة فرق الجهد الذي يُوصَل به فإذا تم توصيل الأجهزة في المنزل علي التوالي وكان فرق جهد المصدر 220V يكون فرق الجهد علي كل جهاز غير معلوم، ولكن عند توصيل الأجهزة في المنزل علي التوازي يكون فرق الجهد علي كل جهاز معلوم ومساوي لجهد المصدر (220 فولت مثلاً).

لذلك نجد أن المصباح مكتوب عليها (مثلاً 1000W) و220 فولت؛ وذلك لأن الجهد على المصباح يكون ثابت وهو 220 فولت وبالتالي يتمكن مصنع المصابيح من معرفة قيمة المقاومة التي يضعها بالجهاز ليحصل علي التيار المحدد الذي يجعل الجهاز يعمل بكفاءة.

مثـــال

في الدائرة المنزلية المقابلة:



- في الجهاز (1) التيار المطلوب أن يدخله هو 2A فقط، فكيف ذلك؟ عن (1) طريق مقاومة تحسب قيمتها من العلاقة: $R = \frac{V}{I}$ فتوضع مقاومة تساوي $\frac{220}{2} = 110$ أوم.
- أما في المصباح (2) مطلوب أن يمر بها تيار شدته 1A فنقوم بغلق المفتاح، وتوضع مقاومة قيمتها $\frac{220}{1} = 220$ أوم، وهكذا..

لذلك توصل الأجهزة المنزلية على التوازي

؟! علل: توصل الأجهزة المنزلية على التوازي وليست على التوالي.

حتى تصبح المقاومة المكافئة لها جميعًا صغيرة جدًا فلا تضعف شدة التيار كما يمكن تشغيل كل جهاز بمفرده فإذا تلف أي جهاز لا يؤثر على الأجهزة الأخرى، وكذلك يكون جهد كل مصباح ثابت ومعلوم ومساوي لجهد المصدر

؟! علل: تزداد القدرة المسحوبة من المصدر بزيادة عدد الأجهزة المتصلة في المنزل.

لأن الأجهزة المنزلية تكون متصلة على التوازي؛ وبالتالي عند دمج جهاز في الدائرة تقل المقاومة الكلية فيزداد التيار العمومي في الدائرة وذلك تبعا للعلاقة: $I_t = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}}$ فتزداد القدرة المسحوبة من المصدر تبعا للعلاقة: $P_w = V_B I_t$

«قانون أوم للدوائر المغلقة» سيأتي ذكره في المحاضرة القادة.

ملاحظات

في الشبكة الكهربية يمر أكبر تيار في الجزءمن السلك على جانبي المصدر ؛ لذلك تستخدم أسلاكاً سميكة على جانبي المصدر.

؟! علل يستخدم سلك سميك على جانبي المصدر في الدائرة الكهربية.

حتى يتحمل شدة التيار الكبيرة حيث أنه يمر به كل تيار الدائرة.

السلك المنصهـــر

توضيح:

إذا قمت بتشغيل أجهزة أكثر ومثلا كان التيار المار 15 أمبير.. سوف يحترق السلك والشبكة الكهربية سوف تتدمر، فما الحل للحفاظ على الشبكة؟

نصنع سلكًا من الرصاص (لأن الرصاص ينصهر بسهولة) يُسمى ب "سلك المنصهر" قبل الشبكة المنزلية مباشرةً؛ وذلك حتى يحترق سلك المنصهر أولًا في حالة زيادة التيار عن حد معين فيحافظ على الشبكة الكهربية.

ويختلف نوعه باختلاف سمك سلك المنصهر (10 أمبير مثلاً)، ويكون السلك رفيعًا وقصيرًا. كما أنه إذا احترق يمكن استبداله عن طريق وضع سلك آخر رفيع، ومن الخطأ تغييره بوضع سلك سميك لأن هذا يؤدي إلى تدمير الشبكة. لأنه في هذه الحالة عند زيادة التيار لن يحترق السلك؛ وبالتالي ستتعرض الشبكة لذلك التيار الكبير.

⚠ يوجد سلك المنصهر في السيارات (الفيوز).

سلك المنصهر

هو سلك رفيع من الرصاص وظيفته حماية الشبكة الكهربية بالمنازل

عرف

TOOPSEC

المحاضرة الخامسة

أوم للدوائر المغلقة

محتويات المحاضرة

- قانون أوم للدوائر المغلقة
- كفاءة البطارية
- أفكار مسائل (فتح و غلق المفتاح) - الرسم البياني

قانون أوم للدوائر المغلقة

ارسم

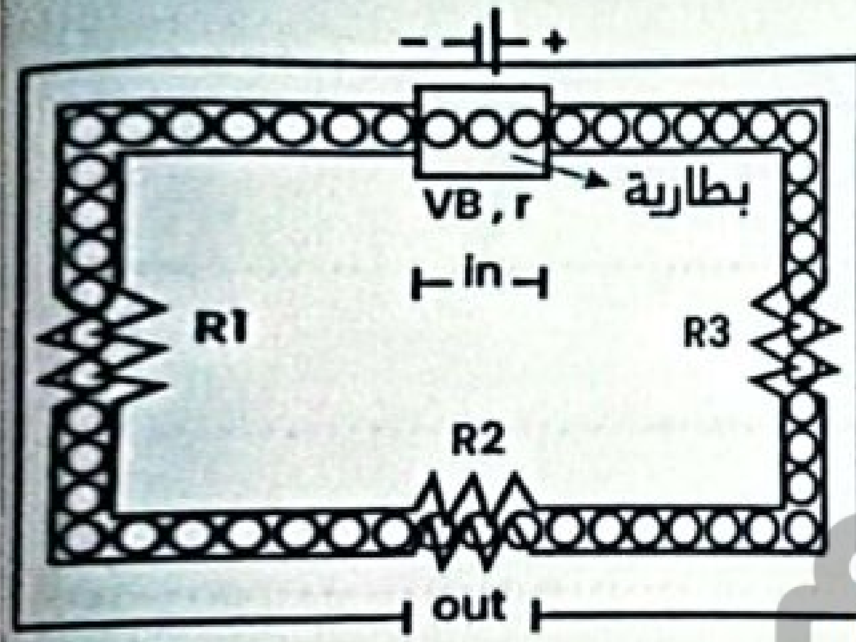
في الشكل الموضح أمامنا إذا سألنا أنفسنا هل التيار في تلك الدائرة قوي أم ضعيف؟

الإجابة بالمنطق: علي حسب الدوافع VB والمعوقات r , R

وحيث أن التيار المُناسب يتناسب طردياً مع الدوافع وعكسياً مع

المعوقات (معوقات داخلية r ومعوقات خارجية R)

أي أنه بالمنطق نجد أن...



شدة التيار المناسب = $\frac{\text{الدوافع}}{\text{المعوقات}}$

$$I = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}}$$

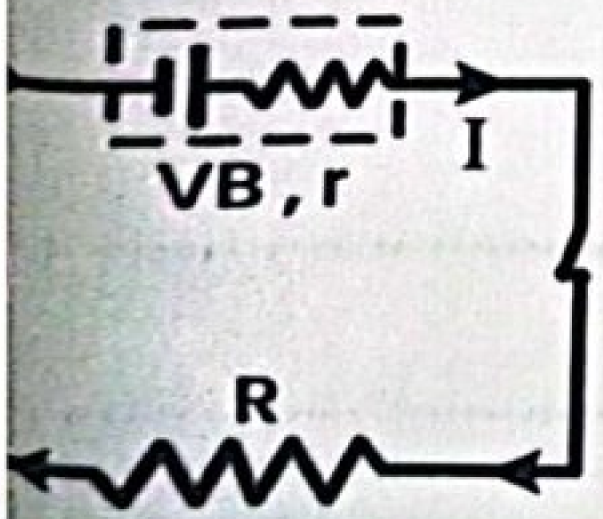
محصلة القوى الدافعة الكهربية

محصلة المقاومات الخارجية

محصلة المقاومات الداخلية

استنتاج قانون أوم للدوائر المغلقة

بما أن القوة الدافعة الكهربية لعمود emf هي الشغل الكلي المبذول داخل وخارج العمود لنقل كمية من الكهربية قدرها كولوم واحد في الدائرة الكهربية.



$\because V_B = I(R+r)$

$\therefore V_B = IR + Ir$

Ir ← فرق الجهد عبر المقاوم الداخلية

IR ← فرق الجهد عبر المقاومات الخارجية

$$\therefore I = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}}$$

قانون أوم للدوائر المغلقة

التيار الكلي في الدائرة يساوي حاصل قسمة القوة الدافعة الكهربية على مجموع المقاومات الخارجية والداخلية

عرف

توضيح للفهم استنتاج قانون أوم للدوائر المغلقة باستخدام قانون بقاء الطاقة:-

- بما أن الشغل الذي تبذله البطارية WB ينقسم إلي شغل خارجها و شغل داخلها:

$\because W_B = W_{out} + W_{in} \quad \therefore P_{W_B} . t = P_{W_{out}} . t + P_{W_{in}} . t$

(t) هو زمن مرور الشحنات خارج البطارية = (t) هو زمن مرور الشحنات داخل البطارية = (t)هو الزمن اللازم لتشغيل البطارية

- الزمن ثابت و يمكن القسمة على t ؛ فيكون: $\therefore P_{W_B} = P_{W_{out}} + P_{W_{in}}$

PWB هو قدرة البطارية أي الشغل الذي تبذلة البطارية كليا في الثانية

$\because V_B . I_B = V_{out} . I_{out} + V_{in} . I_{in}$

I_B هو التيار الذي أنتجته البطارية = I_{out} هو التيار الذي يمر خارج جسم البطارية = I_{in} هو التيار الذي يمر داخل جسم البطارية

- التيار ثابت ويمكن القسمة عليه؛ فيكون:

$\therefore V_B = V_{out} + V_{in} \rightarrow V_B = I_{out} R_{out} + I_{in} r_{in} \rightarrow V_B = I_{out} (R_{out} + r_{in})$

$$\therefore I = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}}$$

طريقة أخرى لإستنتاج قانون أوم للدوائر المغلقة:-

$\because W_B = W_{out} + W_{in} \quad \therefore V_B Q_B = V_{out} Q_{out} + V_{in} Q_{in}$

QB الشحنة التي دفعتها البطارية = Qout الشحنة التي تحركت خارج البطارية = Qin الشحنة التي تحركت داخل جسم البطارية

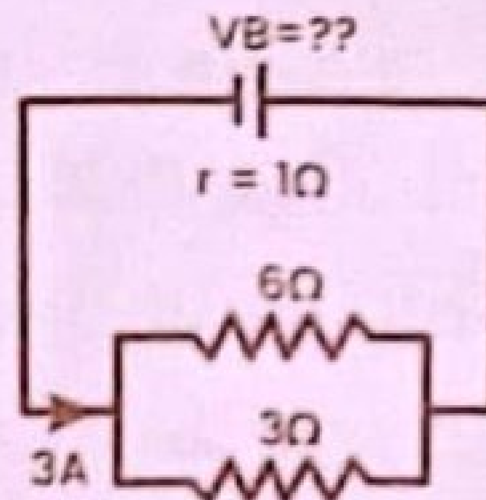
- وبالقسمة على Q:

$\therefore V_B = V_{out} + V_{in} \rightarrow V_B = I_{out} R_{out} + I_{in} r_{in} \rightarrow V_B = I_{out} (R_{out} + r_{in})$

$$\therefore I = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}}$$

مثال

- من الرسم استنتج قيمة VB



$R_{out} = \frac{3 \times 6}{3+6} = 2\Omega , r_{in} = 1\Omega$

$V_B = I_{\text{عمومي}} (R_{out} + r_{in})$

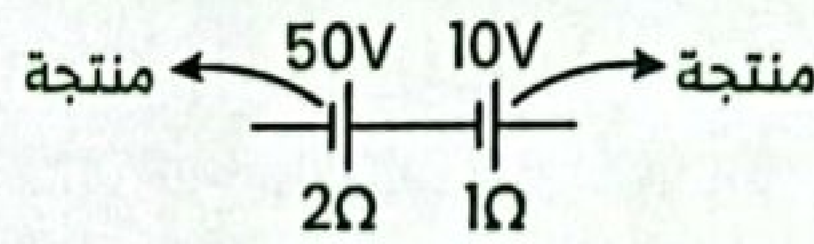
$V_B = 3 \times (2+1) = 9V$

ملحوظات على التعريف

- يمكن أن تجد في دائرة أكثر من بطارية متصلين على التوالي؛ لذلك: تكون VB في القانون هى محصلة القوى الدافعة الكهربية في الدائرة. تكون r_{in} في القانون هى محصلة المقاومات الداخلية في الدائرة؛ وحيث أن جميع البطاريات في هذه الحالة تكون متصلة على التوالي فإن r_{in} تكون مساوية لمجموع المقاومات الداخلية دائماً. تكون R_{out} في القانون هى محصلة المقاومات الخارجية في الدائرة.

مثـــال

البطاريتان متفقتان في القطبية



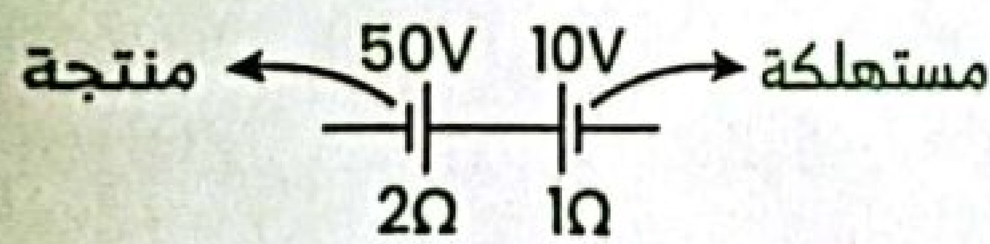
هنا نجد أن البطاريتين تدفعان التيار في نفس الإتجاه (الإتجاه التقليدي) فبالتالي تكون محصلة الـVB مجموعهم، أي أن:

$$V_B = 50 + 10 = 60V$$

ومحصلة ال r_{in} مجموعهم أيضا:

$$r_{in} = 2 + 1 = 3\Omega$$

البطاريتان متعاكستان في القطبية (دائرة الشحن)



هنا نجد أن البطاريتين تدفعان التيار في عكس إتجاه بعضهما فبالتالي تكون محصلة الـVB طرحهم ويتحرك التيار في اتجاه الأقوى، أي أن:

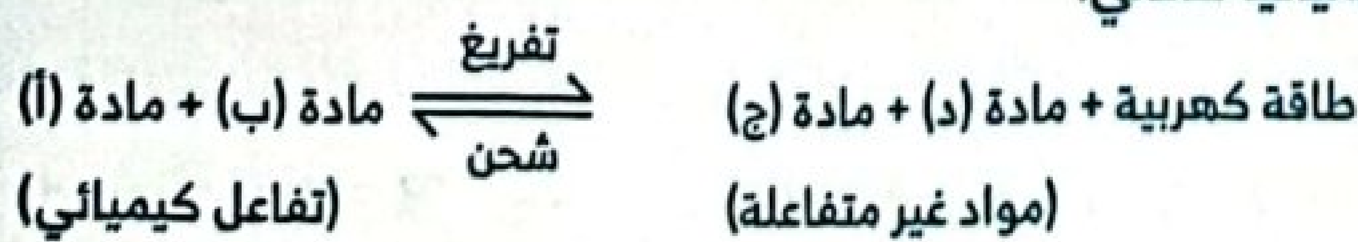
$$VB = 50 - 10 = 40V$$

ومحصلة ال r_{in} مجموعهم أيضا:

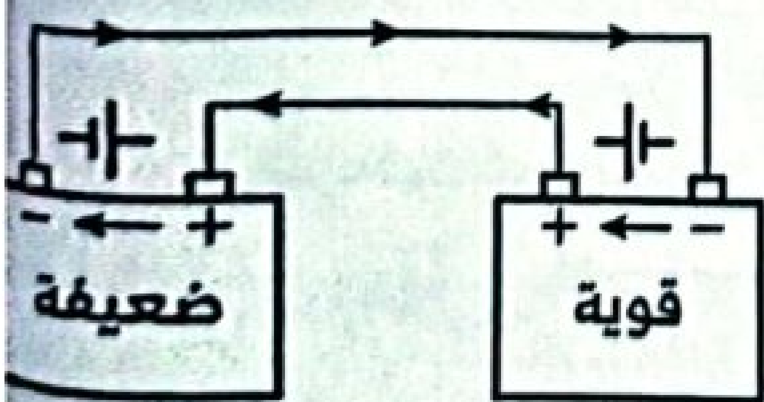
$$r_{in} = 2 + 1 = 3\Omega$$

دائــــرة الشحن

- البطارية بداخلها مواد تتفاعل كيميائياً كالآتي:



- لكي تتم عملية الشحن لابد أن تحدث عملية داخل البطارية عكس العملية الأصلية؛ مثال عندما تتعطل السيارة بسبب تفريغ البطارية:

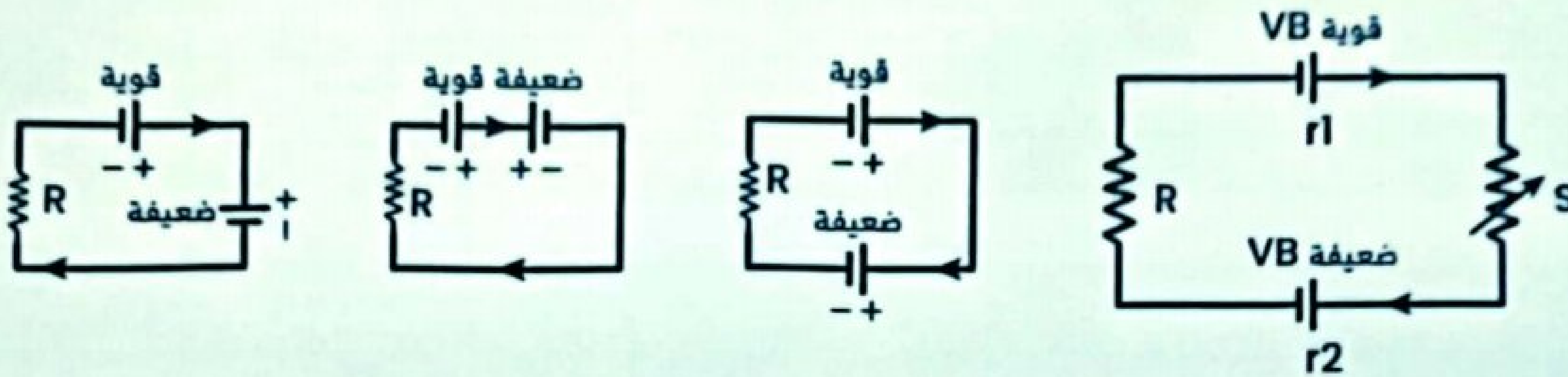


نأخذ وصلة من بطارية سيارة أخري لشحنها؛ وذلك كالتالي:
في كل بطارية قطب موجب + وقطب سالب - ، ونحضر كابلين ونقوم بتوصيل الموجب للبطاريتين معاً، والسالب للبطاريتين معاً.. فيمر تيار من البطارية القوية (من موجبها إلي سالبها خارجها، ومن سالبها إلي موجبها داخلها) إلى البطارية الضعيفة (من موجبها إلي سالبها داخلها ومن سالبها إلي موجبها خارجها)؛ أي أن التيار يمر عكس الوضع الأصلي فيتم بداخلها عكس التفاعل وذلك لأنها هي تُشحن.

- ويمكن حساب تيار الدائرة كالتالي:

$$It = \frac{VB_{قوية} - VB_{ضعيفة}}{Rout + rin_{قوية} + rin_{ضعيفة}}$$

- أشكال مختلفة لدائرة الشحن:



ملاحظات

في دائرة الشحن تقوم إحداهما بشحن الأخري أي تقوم إحداهما بدفع الإلكترونات داخل الأخري (حيث تقوم البطارية ذات VB الأكبر - منتجة - بشحن البطارية ذات VB الأصغر - مستهلكة -)

ملاحظات على القدرة

- لحساب مقاومة، أو تيار، أو فرق الجهد على فرع/مقاومة (ولتكن X) يمكن استخدام العلاقة الآتية:

$$V_x = I_x R_x \quad , \quad I_x = \frac{V_x}{R_x} \quad , \quad R_x = \frac{V_x}{I_x}$$

- لحساب القدرة المستهلكة في المقاومة (ولتكن X) هناك طريقتان:

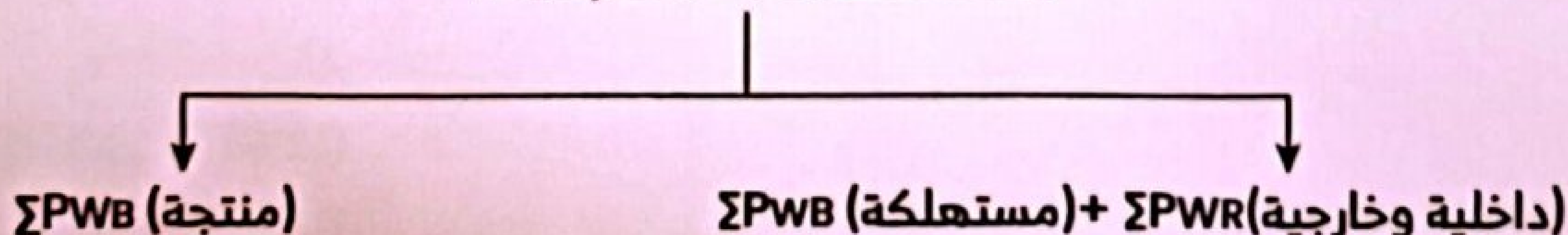
باستخدام تيار المقاومة	باستخدام فرق الجهد على المقاومة
$PW_x = I^2_x R_x$	$PW_x = \frac{V^2_x}{R_x}$

- لحساب القدرة المنتجة من البطارية (إذا كانت البطارية منتجة)/أو المستهلكة في البطارية (إذا كانت البطارية مستهلكة):

$$PW_x = VB_x I_x$$

- تبعاً لقانون بقاء الطاقة فإن القدرة المنتجة في الدائرة تساوي القدرة المستهلكة:

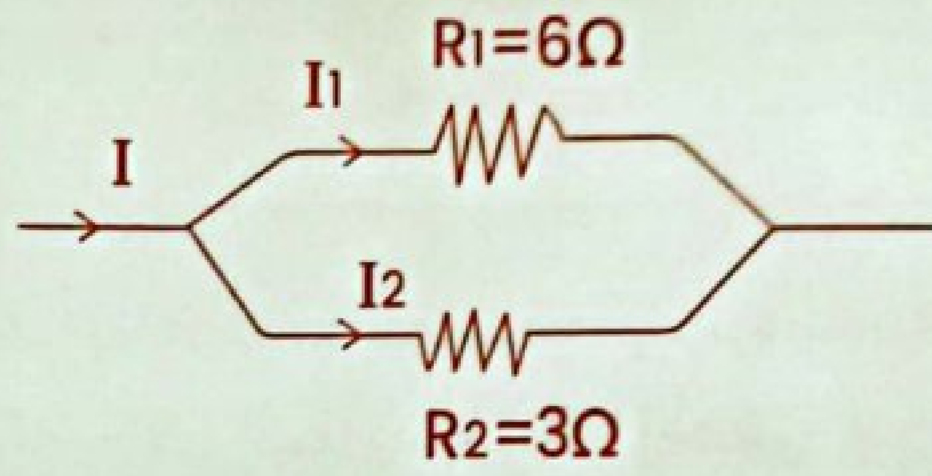
PW المستهلكة = PW المنتجة



طريقة توزيع التيار على المقاومات التوازى بمقلوب النسب...

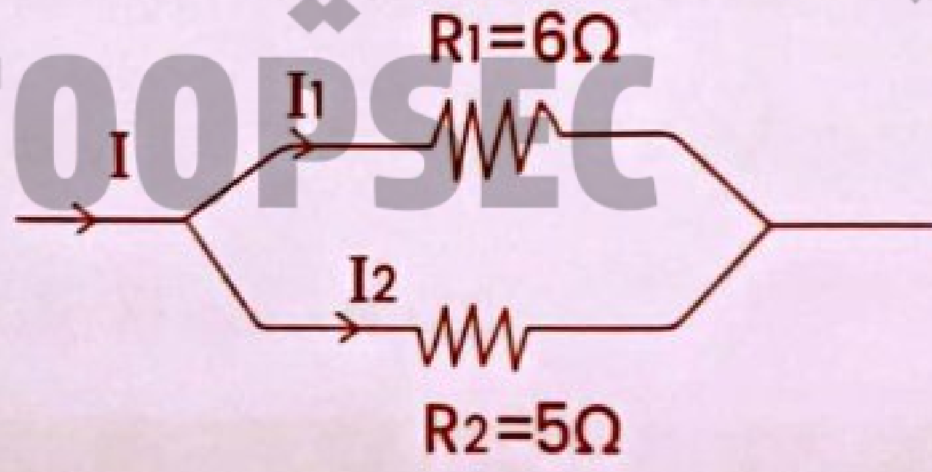
- نقسم المقاومة الكبيرة على المقاومة الصغيرة لتحديد النسب ثم قلب نسب المقاومة لتحديد نسب التيار
- نقسم التيار الكلى على مجموع النسب لتحديد قيمة الجزء الواحد
- نضرب قيمة كل فرع فى قيمة الجزء الواحد

مثال



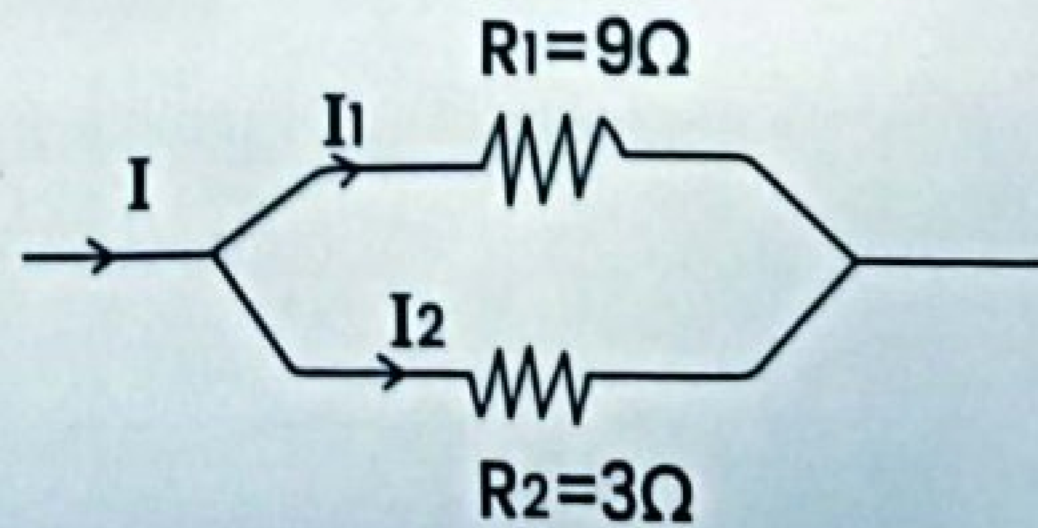
- $\frac{R_1}{R_2}=\frac{6}{3}=\frac{2}{1}=\frac{I_2}{I_1}$
- $\frac{I_1}{I_2}=\frac{1}{2}$
- $\frac{I}{\text{مجموع النسب}}=\frac{I}{3}=\frac{1}{3}I$
- $I_2=2\times\frac{1}{3}I$
- $I_1=1\times\frac{1}{3}I$

مثال



- $\frac{R_1}{R_2}=\frac{6}{5}=\frac{I_2}{I_1}$
- $I_1=5\times\frac{1}{11}I$
- $\frac{I}{\text{مجموع النسب}}=\frac{I}{11}=\frac{1}{11}I$
- $I_2=6\times\frac{1}{11}I$
- $\frac{I_1}{I_2}=\frac{6}{5}$

حاول بنفسك؟



أوجد قيـمة

I_1 , I_2

في الدائرة المقابلة احسب القدرة المنتجة من كل بطارية وكذلك القدرة المستنفذة في كل مقاومة.

لاحظ أن القدرة في البطاريتين هى قدرة منتجة؛ لأن كل من البطاريتين منتجتين (تدفعان في نفس الاتجاه)

لاحظ أن القدرة في المقاومة دائماً ما تكون قدرة مستنفذة؛ حيث أن المقاومة يُبذل فيها شغل

خطوات حل المسائل:

- حساب الVB:

$VB = 10 + 20 = 30V$

- حساب r_{in} , Rout:

$r_{in} = 1 + 2 = 3\Omega$

$$R_{out} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} + 3 = 7\Omega$$

- حساب It(العمومي):

$$I_t = \frac{VB}{R_{out} + r_{in}} = \frac{30}{7 + 3} = 3A$$

لاحظ أن:
$I_t = I_{\text{مجموعة}}(12,6\Omega)$

- $V(r_{in}) = I_t\, r_{in} = 3 \times 3 = 9V$
- $V_{\text{مجموعة}}(12,6\Omega) = I_{\text{مجموعة}} R_{\text{مجموعة}} = 3 \times \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 12V$

$$I_{\text{فرع علوي}}(12\Omega) = \frac{V_{\text{فرع علوي}}}{R_{\text{فرع علوي}}} = \frac{12}{12} = 1A$$

$$I_{\text{فرع سفلي}}(6\Omega) = \frac{V_{\text{فرع سفلي}}}{R_{\text{فرع سفلي}}} = \frac{12}{6} = 2A$$

لاحظ أن المقاومتين متصلتان على التوازي؛ فيكون:
$V_{\text{مجموعة}} = V_{\text{فرع علوي}} = V_{\text{فرع سفلي}}$

$V(3\Omega) = I(3\Omega)\, R(3\Omega) = 3 \times 3 = 9V$

لاحظ أن: $I(3\Omega) = I_{\text{مجموعة}}$

لحساب الPW من البطارية:

$PW(10V) = VB(10V)\, I_t = 10 \times 3 = 30W$, $PW(20V) = VB(20V)\, I_t = 20 \times 3 = 60W$

$PW_{\text{المنتجة}} = PW(10V) + PW(20V) = 30 + 60 = 90W$

تابع المثال لحساب pw فى المقاومة :

PW_x	$PW_x = I^2 \times R_x$	$PW_X = \frac{V^2_X}{R_X}$
$Pw(r_{in})$	$(3)^2 \times 3 = 27W$	$\frac{(9)^2}{3} = 27W$
$Pw(12\Omega)$	$(1)^2 \times 12 = 12W$	$\frac{(12)^2}{12} = 12W$
$Pw(6\Omega)$	$(2)^2 \times 6 = 24W$	$\frac{(12)^2}{6} = 24W$
$Pw(3\Omega)$	$(3)^2 \times 3 = 27W$	$\frac{(9)^2}{3} = 27W$

- التأكد باستخدام كل من فرق الجهد والقدرة:

$V_{out} = I_{out} R_{out} = 3 \times 7 = 21V$ OR $V_{out} = V_{\text{مجموعة}} + V(3\Omega) = 12 + 9 = 21V$

$V_{in} = I_{in} r_{in} = 3 \times 3 = 9V$

للتأكيد:
$V_{out} + V_{in} = VB$

$PW_{\text{المستهلكة}} = PW(r_{in}) + PW(12\Omega) + PW(6\Omega) + PW(3\Omega) = 27 + 12 + 24 + 27 = 90W$

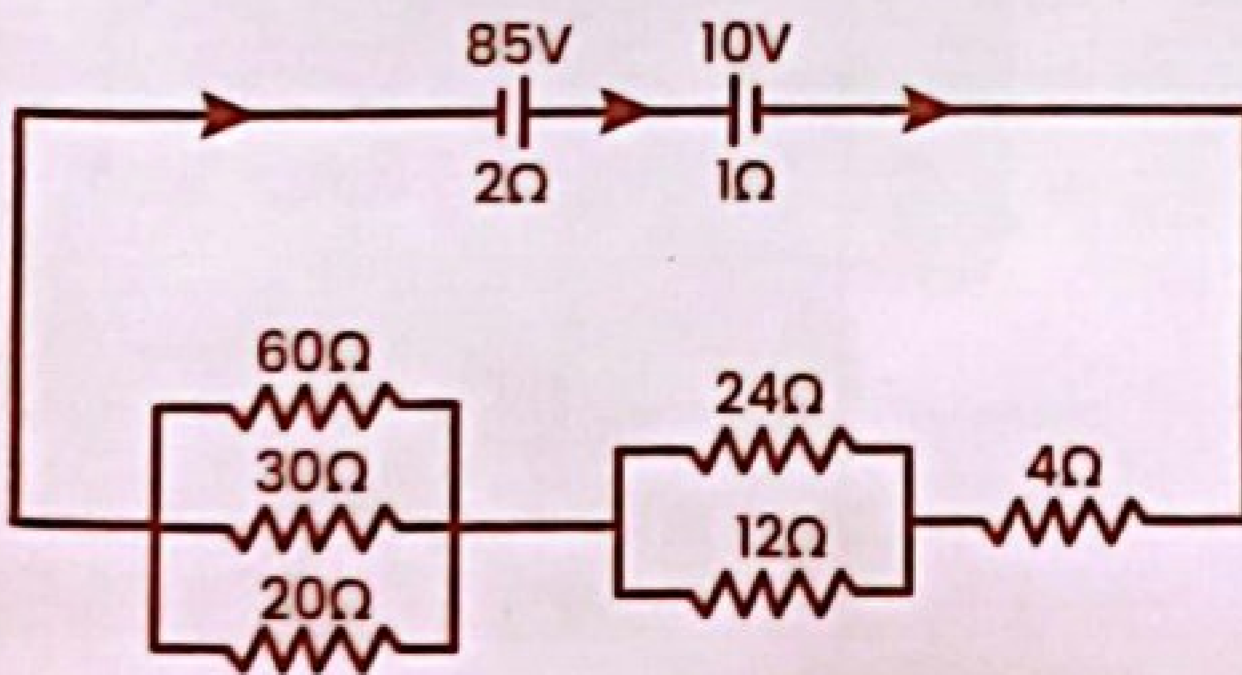
OR

$PW_{\text{المستهلكة}} = I^2 t\ (R_{out} + r_{in}) = (3)^2 \times (7+3) = 90W$

للتأكيد:
$PW_{\text{المستهلكة}} = PW_{\text{المنتجة}}$

مثـــال

لاحظ أن البطارية 85V منتجة بينما البطارية 10V مستهلكة (دائرة شحن)



تابع المثال

- $V_B = 85 - 10 = 75V$
- $r_{in} = 2 + 1 = 3\Omega \quad R_{out} = (60//30//20) + (24//12) + 4 = 10 + 8 + 4 = 22\Omega$
- $I_t = \frac{V_B}{r_{out} + r_{in}} = \frac{75}{22 + 3} = 3A$
- $V_{in} = I_t\, r_{in} = 3 \times 3 = 9V \quad , \quad PW(r_{in}) = I^2{}_t\, r_{in} = (3)^2 \times 3 = 27W$

→ $V_{1\text{مجموعة}}(30,20,60\Omega) = I_{1\text{مجموعة}} R_1 = 3 \times 10 = 30V$

$I(60\Omega) = \frac{V_{1\text{مجموعة}}}{R(60\Omega)} = \frac{30}{60} = 0.5A \; , \; PW(60\Omega) = I^2(60\Omega)\, R(60\Omega) = (0.5)^2 \times 60 = 15W$

$I(30\Omega) = \frac{V_{1\text{مجموعة}}}{R(30\Omega)} = \frac{30}{30} = 1A \; , \; PW(30\Omega) = I^2(30\Omega)\, R(30\Omega) = (1)^2 \times 30 = 30W$

$I(20\Omega) = \frac{V_{1\text{مجموعة}}}{R(20\Omega)} = \frac{30}{20} = 1.5A \; , \; PW(20\Omega) = I^2(20\Omega)\, R(20\Omega) = (1.5)^2 \times 20 = 45W$

→ $V_{2\text{مجموعة}}(24,12\Omega) = I_{2\text{مجموعة}} R_{2\text{مجموعة}} = 3 \times 8 = 24V$

$I(24\Omega) = \frac{V_{2\text{مجموعة}}}{R(24\Omega)} = \frac{24}{24} = 1A \; , \; PW(24\Omega) = I^2(24\Omega)\, R(24\Omega) = (1)^2 \times 24 = 24W$

$I(12\Omega) = \frac{V_{2\text{مجموعة}}}{R(12\Omega)} = \frac{24}{12} = 2A \; , \; PW(12\Omega) = I^2(12\Omega)\, R(12\Omega) = (2)^2 \times 12 = 48W$

→ $V(4\Omega) = I(4\Omega)\, R(4\Omega) = 3 \times 4 = 12V \; , \; PW(4\Omega) = I^2(4\Omega)\, R(4\Omega) = (3)^2 \times 4 = 36W$

- $V_{out} = V_{1\text{مجموعة}} + V_{2\text{مجموعة}} + V(4\Omega) = 30 + 24 + 12 = 66V \; , \; V_{in} = 9V$

$V_{out} + V_{in} = 66 + 9 = 75V = V_B$

→ $PW(85V) = V_B(85V)\, I_t = 85 \times 3 = 255W \; , \; PW(10V) = V_B(10V)\, I_t = 10 \times 3 = 30W$

$PW_{\text{المنتجة}} = PW(85V) = 255W$

→ $PW_{\text{المستهلكة}} = PW(10V) + PW(r_{in}) + PW_{1\text{مجموعة}} + PW_{2\text{مجموعة}} + PW(4\Omega)$

$= (10 \times 3) + 15 + 30 + 45 + 24 + 48 + 36 + 27 = 255W$

$\therefore PW_{\text{المنتجة}} = PW_{\text{المستهلكة}}$

القدرة المستنفذة في المقاومات دائماً تُجمع ولا تعتمد على كيفية توصيلهم معاً

كفــاءة البطـــارية

كفاءة البطارية

النسبة بين القدرة المستنفذة في الدائرة الخارجية إلى القدرة المستمدة من المصدر مضروباً × 100

عرف

تعتبر البطارية مخزن للطاقة حيث يكون بها طاقة كيميائية مختزنة وعندما توصل في الدائرة تتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية؛ فمثلا بطارية مختزن بها 100 جول، هل عند تشغيلها في الدائرة الخارجية سوف تعطي الـ 100 جول كلها للدائرة الخارجية؟ لا؛ لأن جزء من الشغل يبذل لتحريك الشحنات داخل البطارية؛ فمثلا إذا أعطتنا 90 جول فقط في الدائرة الخارجية فهذا معناه أن كفاءتها 90%.

$$\eta_{\text{كفاءة البطارية}} = \frac{W_{out}}{W_B} \times 100 = \frac{P_{W_{out}}}{P_{W_B}} \times 100 = \frac{V_{out}}{V_B} \times 100 = \frac{R_{out}}{R_{out} + r_{in}} \times 100$$

($\div t$ ، $\div I$ ، $\div I$)

- W_{out}: الطاقة المستنفذة في الدائرة الخارجية خلال زمن معين
- W_B: الطاقة الكلية المستمدة من البطارية خلال نفس الزمن
- $P_{W_{out}}$: القدرة المستنفذة في الدائرة الخارجية
- P_{W_B}: القدرة الكلية المستمدة من البطارية
- V_{out}: فرق الجهد المستنفذ في الدائرة الخارجية
- V_B: القوة الدافعة الكهربية للبطارية
- R_{out}: محصلة المقاومات الخارجية في الدائرة
- $R_{out} + r_{in}$: المقاومة الكلية للدائرة

لاحظ كلما زادت المقاومة الداخلية للبطارية - عند ثبات المقاومة الخارجية زاد الشغل المبذول داخل البطارية مما يقلل من كفاءتها، بينما تزداد الكفاءة بزيادة المقاومة الخارجية - عند ثبات المقاومة الداخلية للبطارية

نسبة الجهد المفقود في البطارية = 100% - كفاءة البطارية

$$\text{نسبة الجهد المفقود في البطارية} = \frac{V_{in}}{V_B} \times 100 = \frac{r_{in}}{R_{out} + r_{in}} \times 100$$

مثال

بطارية سيارة قوتها الدافعة الكهربية 12V مقاومتها الداخلية 0.5Ω احسب:

أ-النسبة المئوية لفرق الجهد المفقود من هذه البطارية عند استخدامها في إضاءة مصباح مقاومته 2Ω.

ب-كفاءة هذه البطارية عندئذ.

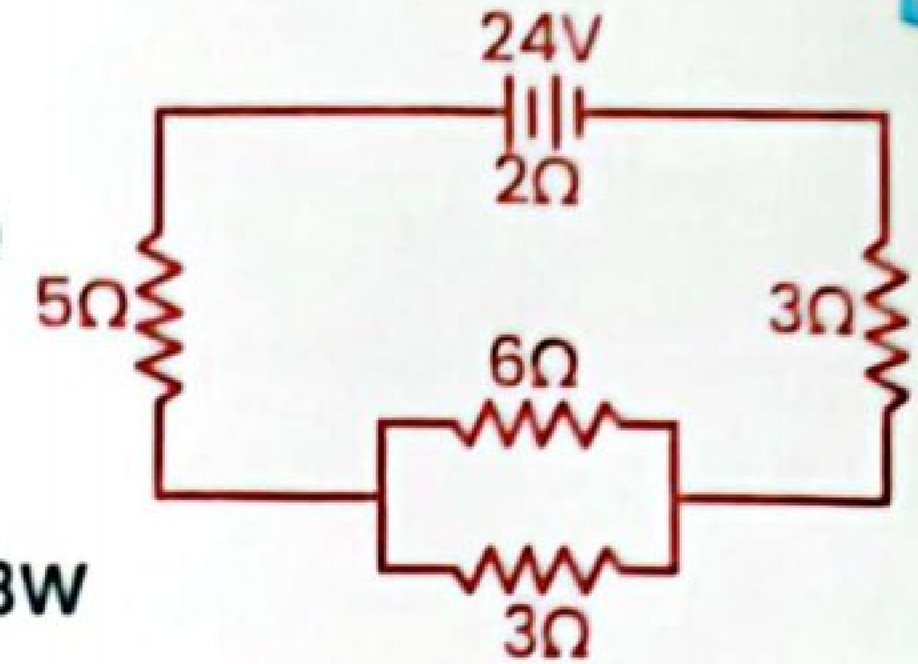
- $I_t = \frac{V_B}{R+r} = \frac{12}{2+0.5} = 4.8A$
- النسبة المئوية لفرق الجهد المفقود داخل البطارية $= \frac{Ir}{V_B} \times 100 = \frac{4.8 \times 0.5}{12} \times 100 = 20\%$
- $\eta_{\text{كفاءة البطارية}} = \frac{R_{out}}{R_{out} + r_{in}} \times 100 = \frac{2}{2+0.5} \times 100 = 80\%$

لا حظ يتم احتساب كفاءة البطارية للبطاريات المنتجة فقط

قم بالتعويض في الأمثلة لإيجاد كفاءة البطاريات المنتجة

مثال

احسب القدرة المنتجة وكذلك القدرة المستنفذة في الدائرة المقابلة، ثم أوجد كفاءة البطارية.



- $V_B = 24V$
- $r_{in} = 2\Omega$, $R_{out} = 5 + (6//3) + 3 = 5 + 2 + 3 = 10\Omega$
- $I_t = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}} = \frac{24}{10+2} = 2A$
- $V_{in} = I_t r_{in} = 2 \times 2 = 4V$, $PW(r_{in}) = I^2 t\, r_{in} = (2)^2 \times 2 = 8W$

$V(5\Omega) = I(5\Omega)\, R(5\Omega) = 2 \times 5 = 10V$, $PW(5\Omega) = I^2(5\Omega)\, R(5\Omega) = (2)^2 \times 5 = 20W$

$V_{\text{مجموعة}}(6,3\Omega) = I_{\text{مجموعة}} R_{\text{مجموعة}} = 2 \times 2 = 4V$

$I(6\Omega) = \frac{V_{\text{مجموعة}}}{R(6\Omega)} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} A$, $PW(6\Omega) = I^2(6\Omega)\, R(6\Omega) = (\frac{2}{3})^2 \times 6 = \frac{8}{3} W$

$I(3\Omega) = \frac{V_{\text{مجموعة}}}{R(3\Omega)} = \frac{4}{3} A$, $PW(3\Omega) = I^2(3\Omega)\, R(3\Omega) = (\frac{4}{3})^2 \times 3 = \frac{16}{3} W$

$V(3\Omega) = I(3\Omega)\, R(3\Omega) = 2 \times 3 = 6V$, $PW(3\Omega) = I^2(3\Omega)\, R(3\Omega) = (2)^2 \times 3 = 12W$

- $V_{out} = V(5\Omega) + V_{\text{مجموعة}} + V(3\Omega) = 10 + 4 + 6 = 20V$, $V_{in} = 4V$

$\therefore V_{out} + V_{in} = 20 + 4 = 24V = V_B$

$PW_{\text{المنتجة}} = PW(24V) = V_B(24V)\, I_t = 24 \times 2 = 48W$

$PW_{\text{المستهلكة}} = PW(r_{in}) + PW(5\Omega) + PW(6\Omega) + PW(3\Omega) + PW(3\Omega)$

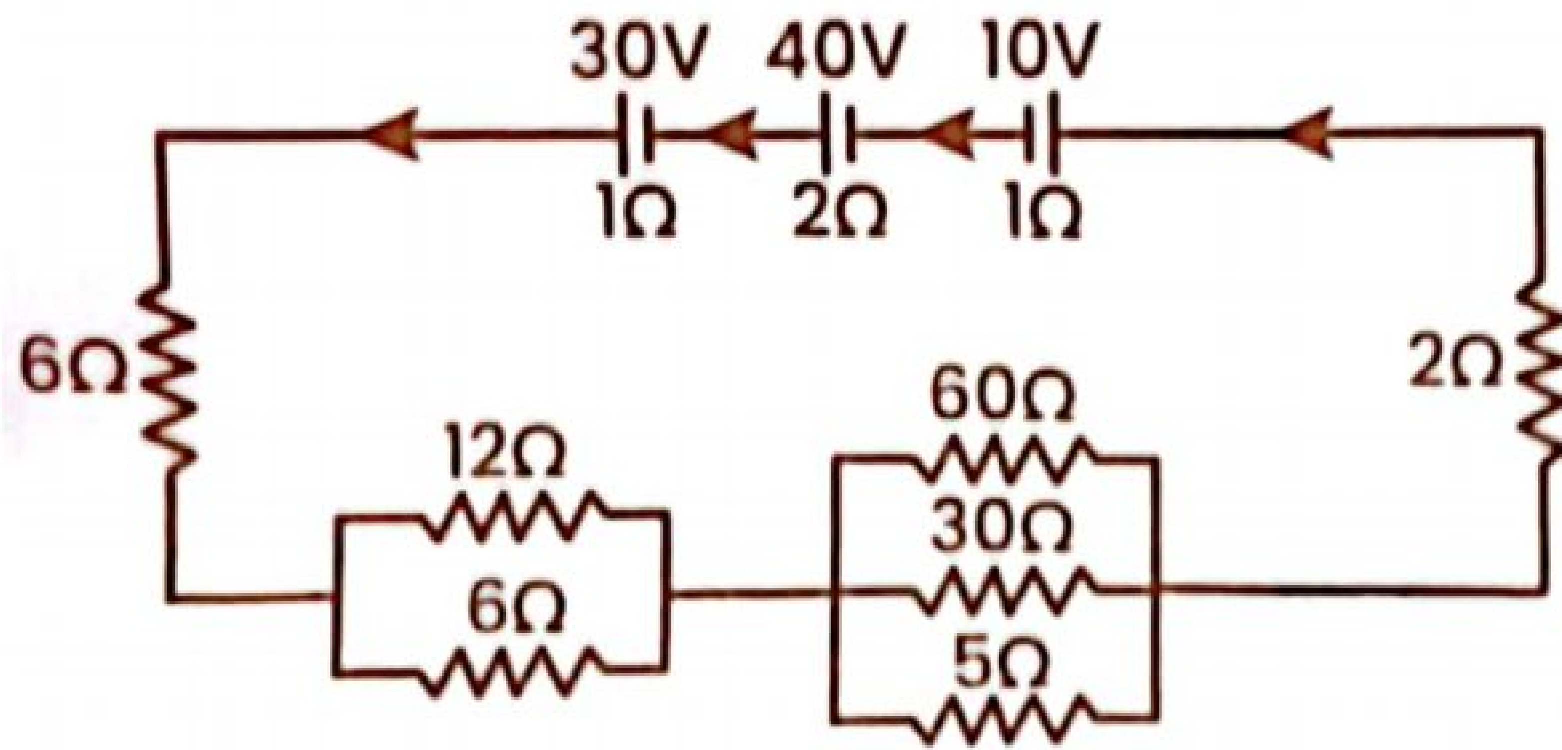
$= 8 + 20 + \frac{8}{3} + \frac{16}{3} + 12 = 48W$

$\therefore PW_{\text{المنتجة}} = PW_{\text{المستهلكة}}$

- $\eta_{\text{كفاءة البطارية}} = \frac{W_{out}}{W_B} \times 100 = \frac{PW_{out}}{PW_B} \times 100 = \frac{V_{out}}{V_B} \times 100 = \frac{R_{out}}{R_{out} + r_{in}} \times 100$

$= \frac{40}{48} \times 100 = \frac{20}{24} \times 100 = \frac{10}{10+2} \times 100 = 83.33\%$

احسب القدرة المنتجة وكذلك القدرة المستنفذة في الدائرة المقابلة، ثم احسب كفاءة البطاريات المنتجة.



لاحظ أن الدائرة هي دائرة شحن:
- البطاريتان 30V , 40V منتجتان.
- البطارية 10V مستهلكة.

- $V_B = 30 + 40 - 10 = 60V$
- $r_{in} = 1 + 2 + 1 = 4\Omega$, $R_{out} = 6 + (12//6) + (60//30//5) + 2 = 6 + 4 + 4 + 2 = 16\Omega$
- $I_t = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}} = \frac{60}{16 + 4} = 3A$
- $V_{in} = I_t r_{in} = 3 \times 4 = 12V$, $PW(r_{in}) = I^2_t r_{in} = (3)^2 \times 4 = 36W$

$V(6\Omega) = I(6\Omega) R(6\Omega) = 3 \times 6 = 18V$, $PW(6\Omega) = I^2(6\Omega) R(6\Omega) = (3)^2 \times 6 = 54W$

$V_{1\text{مجموعة}} (12,6\Omega) = I_{1\text{مجموعة}} R_{1\text{مجموعة}} = 3 \times 4 = 12V$

$I(12\Omega) = \frac{V_{1\text{مجموعة}}}{R(12\Omega)} = \frac{12}{12} = 1A$ $I(6\Omega) = \frac{V_{1\text{مجموعة}}}{R(6\Omega)} = \frac{12}{6} = 2A$

$V_{\text{مجموعة}} (60,30,5\Omega) = I_{2\text{مجموعة}} R_{2\text{مجموعة}} = 3 \times 4 = 12V$

$I(60\Omega) = \frac{V_{2\text{مجموعة}}}{R(60\Omega)} = \frac{12}{60} = \frac{1}{5} A$, $PW(60\Omega) = I^2(60\Omega) R(60\Omega) = (\frac{1}{5})^2 \times 60 = \frac{12}{5} W$

$I(30\Omega) = \frac{V_{2\text{مجموعة}}}{R(30\Omega)} = \frac{12}{30} = \frac{2}{5} A$, $PW(30\Omega) = I^2(30\Omega) R(30\Omega) = (\frac{2}{5})^2 \times 30 = \frac{24}{5} W$

$I(5\Omega) = \frac{V_{2\text{مجموعة}}}{R(5\Omega)} = \frac{12}{5} A$, $PW(5\Omega) = I^2(5\Omega) R(5\Omega) = (\frac{12}{5})^2 \times 5 = \frac{144}{5} W$

$V(2\Omega) = I(2\Omega) R(2\Omega) = 3 \times 2 = 6V$, $PW(2\Omega) = I^2(2\Omega) R(2\Omega) = (3)^2 \times 2 = 18W$

- $V_{out} = V(6\Omega) + V_{1\text{مجموعة}} + V_{2\text{مجموعة}} + V(2\Omega) = 18 + 12 + 12 + 6 = 48V$, $V_{in} = 12V$

$\therefore V_{out} + V_{in} = 48 + 12 = 60V = V_B$

تابع المثال

$$PW_{\text{المنتجة}} = PW(30V) + PW(40V) = 30 \times 3 + 40 \times 3 = 210W$$

$$PW_{\text{المستهلكة}} = PW(10V) + PW(r_{in}) + PW(6\Omega) + PW1_{\text{مجموعة}} + PW2_{\text{مجموعة}} + PW(2\Omega)$$

$$PW_{\text{المستهلكة}} = (10 \times 3) + 36 + 54 + (12 + 24) + \left(\frac{12}{5} + \frac{24}{5} + \frac{144}{5}\right) + 18 = 210W$$

$$\therefore PW_{\text{المنتجة}} = PW_{\text{المستهلكة}}$$

- $$\eta_{\text{كفاءة البطارية}} = \frac{W_{out}}{W_B} \times 100 = \frac{PW_{out}}{PW_B} \times 100 = \frac{V_{out}}{V_B} \times 100 = \frac{R_{out}}{R_{out} + r_{in}} \times 100$$

$$V_{out}(30V) = V_B(30V) - V_{in}(30V) = 30 - (3 \times 1) = 27V$$

$$\eta(30V) = \frac{V_{out}(30V)}{V_B(30V)} \times 100 = \frac{27}{30} \times 100 = 90\%$$

$$V_{out}(40V) = V_B(40V) - V_{in}(40V) = 40 - (3 \times 2) = 34V$$

$$\eta(40V) = \frac{V_{out}(40V)}{V_B(40V)} \times 100 = \frac{34}{40} \times 100 = 85\%$$

ملاحظات

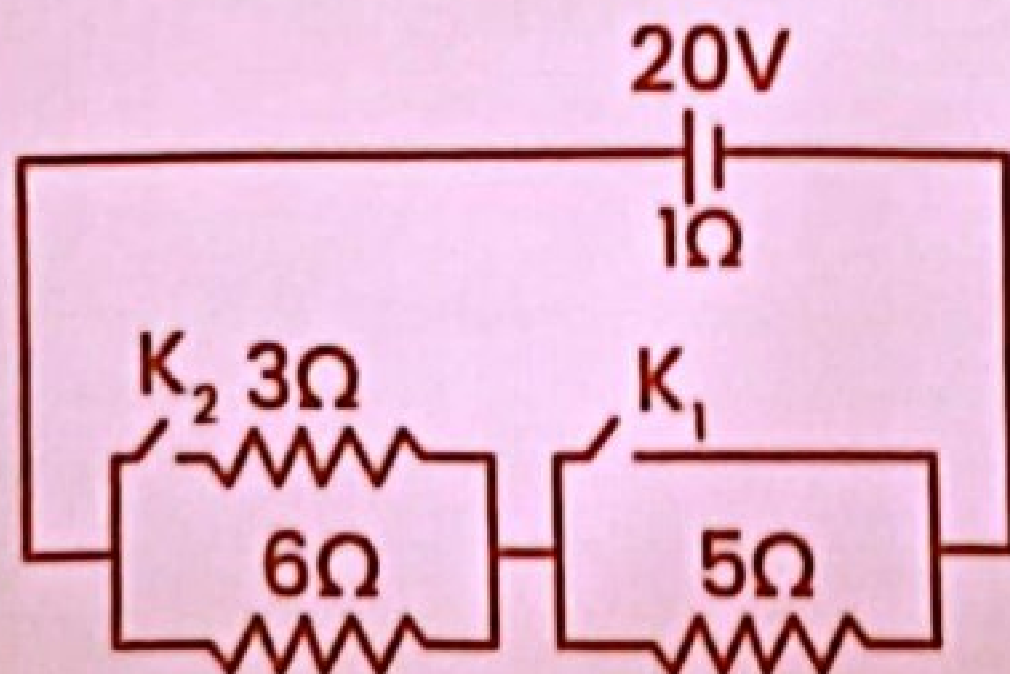
في كل الأمثلة السابقة تم حساب جميع المعلومات عن الدائرة للإيضاح فقط ولكن الأسئلة المعتادة يكون هناك مطلوبين أو ثلاثة.

أفكار مسائل (فتح وغلق المفتاح)

مثال

احسب شدة التيار الكلي في الحالات الآتية علما بأن المقاومة الداخلية 1 أوم:

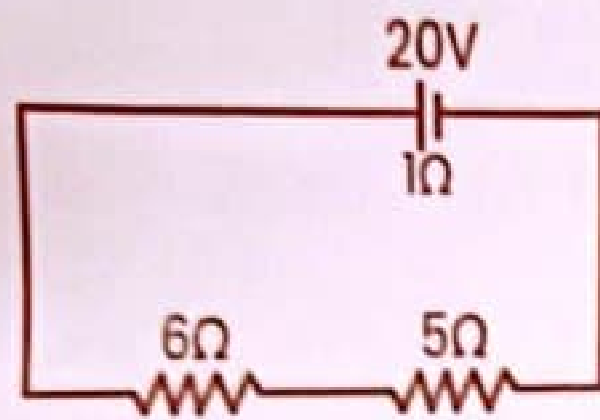
1- K1 مفتوح و K2 مفتوح.
2- K1 مغلق و K2 مفتوح.
3- K1 مفتوح و K2 مغلق.
4- K1 مغلق و K2 مغلق.



لتجنب الخطا نقوم برسم الدائرة في كل حالة بشكل منفصل

تابع المثـــال

1- K1 مفتوح و K2 مفتوح.



$$I_t = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}} = \frac{20}{(6+5)+1} = \frac{5}{3}\ A$$

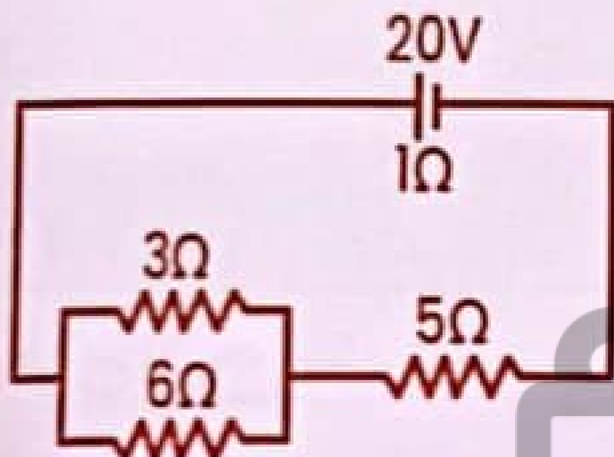
عند فتح K1 نلغي السلك الفاضي، و بعد فتح K2 تُلغي المقاومة 3Ω وذلك لعدم مرور تيار بها

2- K1 مغلق و K2 مفتوح.

$$I_t = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}} = \frac{20}{6+1} = \frac{20}{7}\ A$$

غلق K1 يجعل التيار يمر كله عبر السلك الفاضي ولا يمر عبر المقاومة 5Ω لذلك تُلغي

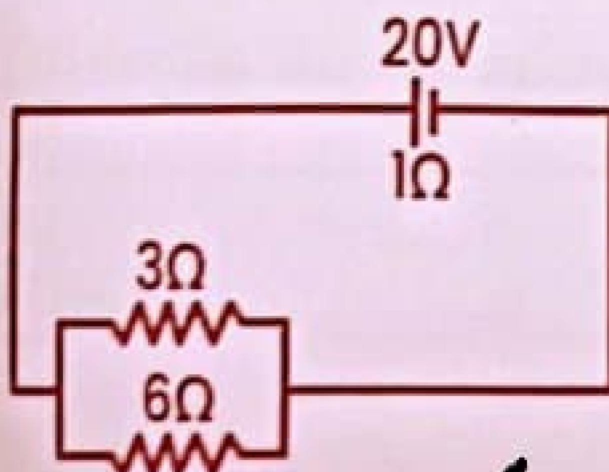
3- K1 مفتوح و K2 مغلق.



$$I_t = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}} = \frac{20}{(2+5+1)} = 2.5A$$

عند غلق K2 يمر تيار عبر المقاومتين 6Ω , 3Ω

4- K1 مغلق و K2 مغلق.



$$I_t = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}} = \frac{20}{2+1} = \frac{20}{3}\ A$$

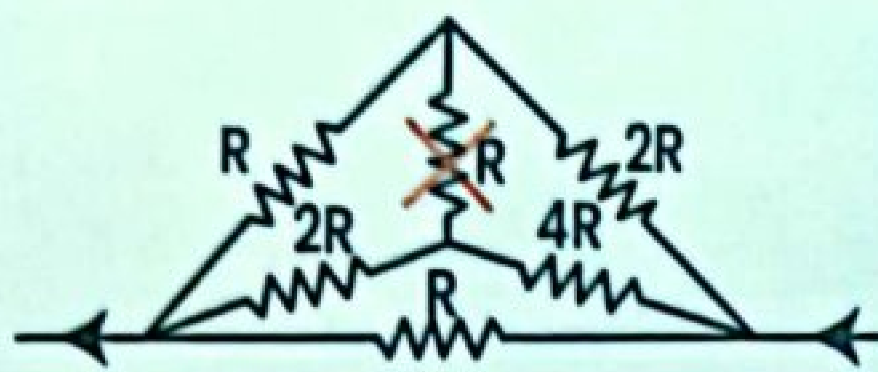
غلق K1 يجعل التيار لا يمر عبر المقاومة 5Ω وغلق K2 يجعل التيار يمر عبر 6Ω , 3Ω

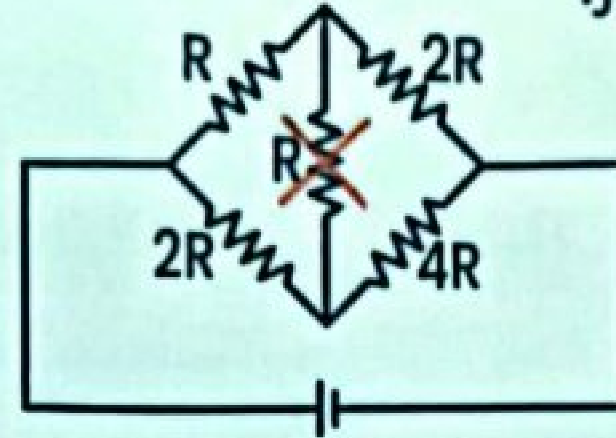
تذكير (إلغاء المقاومة عند تساوي الجهد بين طرفيها)

- **الشروط**

تُلغى مقاومة الفرع في حالة:

- أن تكون النسبة بين المقاومتين عند الطرف الأول لها تساوي النسبة بين المقاومتين عند الطرف الثاني لها.
- أن لا يكون الفرع مدخل أو مخرج للتيار.





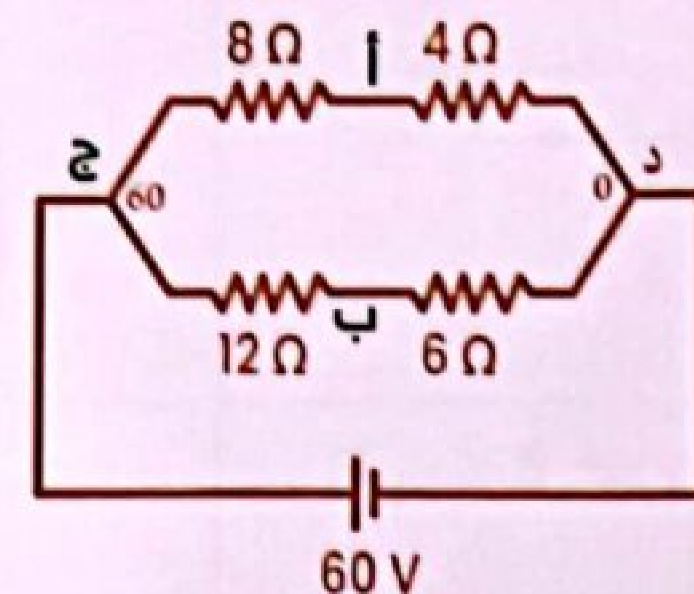
مثال

في الدائرة المقابلة: (ذا علمت أن الطرف، السالب للبطارية، متصل بالأرض (أي أن جهده = صفر) - سيأتي شرحها بالتفصيل في المحاضرة السابعة - - 1- احسب التيار الكلي. 2- احسب تيار كل فرع.
3- احسب الجهد عند (أ). 4- احسب الجهد عند (ب).
5- ماذا يحدث إذا وصلت مقاومة أو مصباح بين النقطتين (أ،ب)؟ وماذا تستنتج من ذلك؟

- $I_t = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}} = \frac{60}{7.2} = \frac{25}{3}$ A

> لاحظ أن فرق الجهد على المجموعة هو BV (r=0)

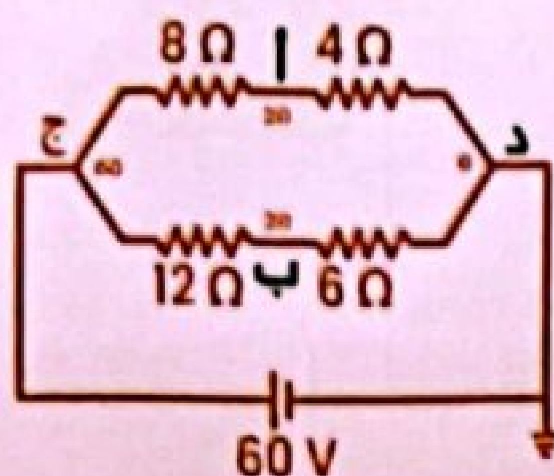
- $I_{\text{فرع علوي}}(8,4\Omega) = \frac{V_{\text{مجموعة}}}{R(8,4\Omega)} = \frac{60}{12} = 5A$
- $I_{\text{فرع سفلي}}(12,6\Omega) = \frac{V_{\text{مجموعة}}}{R(12,6\Omega)} = \frac{60}{18} = \frac{10}{3}$ A



- $V(\text{ج أ}) = I(\text{ج أ})\, R(\text{ج أ}) = 5 \times 8 = 40V$

  $V(\text{ج أ}) = V(\text{ج}) - V(\text{أ}) \rightarrow 60 - V(\text{أ}) = 40 \rightarrow V(\text{أ}) = 20V$
- $V(\text{ج ب}) = I(\text{ج ب})\, R(\text{ج ب}) = \frac{10}{3} \times 12 = 40V$

  $V(\text{ج ب}) = V(\text{ج}) - V(\text{ب}) \rightarrow 60 - V(\text{ب}) = 40 \rightarrow V(\text{ب}) = 20V$



- **لن يمر تيار في تلك المقاومة نظرًا لتساوي الجهد بين طرفيها أي أن فرق الجهد بين طرفيها = 0 وبالتالي ينعدم التيار.**
- **نستنتج أنه قد لا يمر تيار في مقاومة موجودة في دائرة مغلقة وذلك عندما تصل بين نقطتين لهما نفس الجهد.**

نعبر عن العلاقات الرياضية بما يسمى بالدوال (اعتماد متغير Y على متغير آخر - أو أكثر - X)؛ ويختلف تصنيف الدوال باختلاف شكل العلاقة الرياضية.

(θ): حادة ← الميل = Tan(θ) = (+)

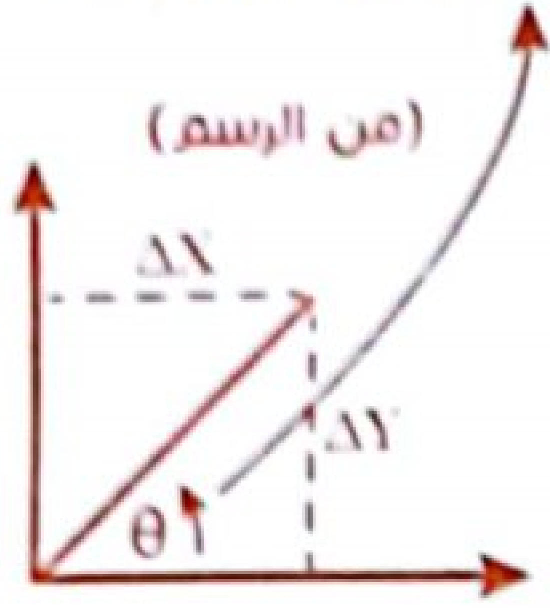
(θ): منفرجة ← الميل = Tan(θ) = (-)

- دالة الخط المستقيم (الدالة الخطية):

$$Y = \pm A X \pm B$$

A ← الميل

B ← الجزء المقطوع من الصادات



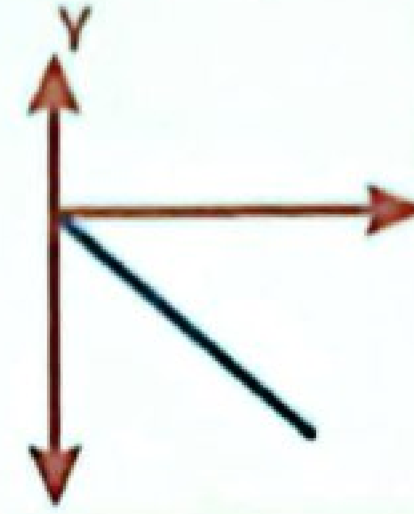
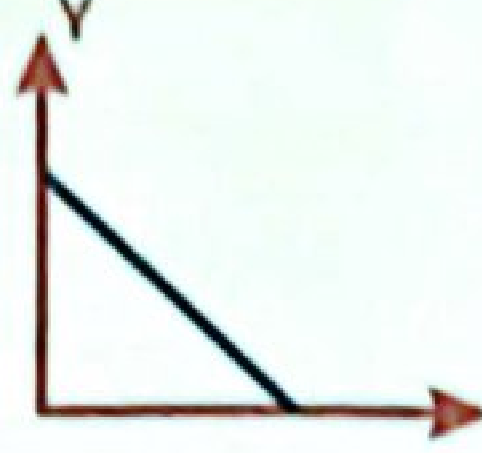
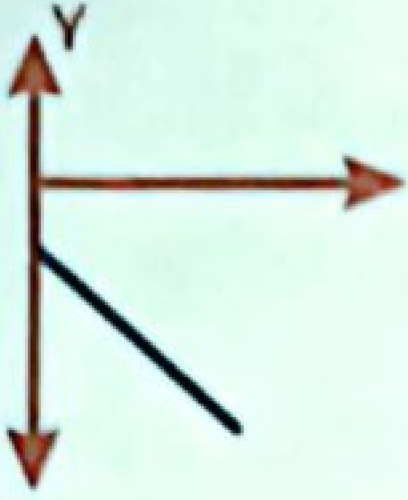
- لإيجاد الميل: (من القانون) $Slope = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = A$

$Tan(\theta) = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} =$ الميل

- يمكن تقسيم اشكال دالة الخط المستقيم إلى 9 أشكال أساسية:

الجزء المقطوع من محور الصادات

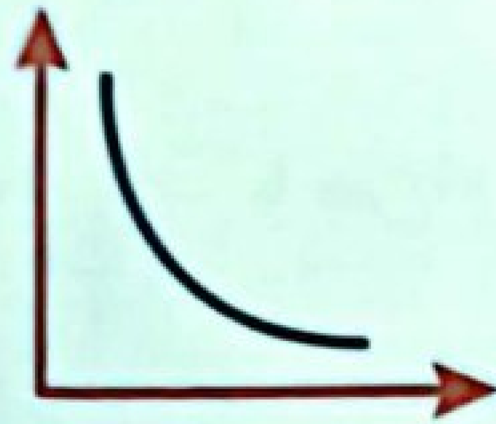
	صفر نبدأ الرسم من الصفر	موجب (+) نبدأ الرسم من نقطة على + الصادات (B)	سالب (-) نبدأ الرسم من نقطة على - الصادات (-B)
صفر الخط المستقيم موازي لمحور السينات	Y = 0	Y = B	Y = - B
موجب (+) الخط المستقيم مائل لأعلى	Y = AX	Y = AX + B	Y = AX - B

سالب (-)	Y = -AX	Y = -AX + B	Y = -AX - B
الخط المستقيم مائل لأعلى			

- الدالة الكسرية (تشبه دالة الخط المستقيم ولكن بإستبدال المتغير X ب X/1):

$$Y = \pm A \frac{1}{X} \pm B$$

الميل ($\pm A$) — الجزء المقطوع من الصادات ($\pm B$)



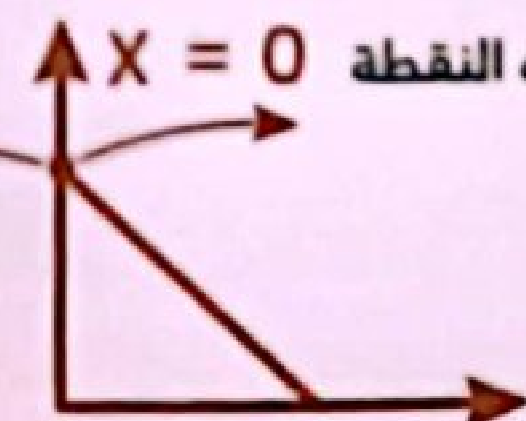
خطأ مشهور

لا يمكن حساب الميل للدالة الكسرية لأن كل نقطة من نقاطها لها ميل مختلف، بينما يمكن حساب الميل لدالة الخط المستقيم لأن جميع نقاطها لها نفس الميل

ملاحظات على الخط المستقيم

- إذا كان الميل موجب تُوصف علاقة الخط المستقيم بأنها علاقة تزايدية: $Y = + A X \pm B$
- إذا كان الميل سالب تُوصف علاقة الخط المستقيم بأنها علاقة تناقصية: $Y = - A X \pm B$
- إذا كان الجزء المقطوع من الصادات مساوي للصفر تُوصف علاقة الخط المستقيم بأنها علاقة طردية، وتعتبر حالة خاصة من العلاقات التزايدية والتناقصية: $Y = \pm A X$
- إذا تقاطع الخط المستقيم مع أحد المحورين؛ تكون قيمة الإحداثية للمحور الآخر عند هذه النقطة مساوية للصفر:

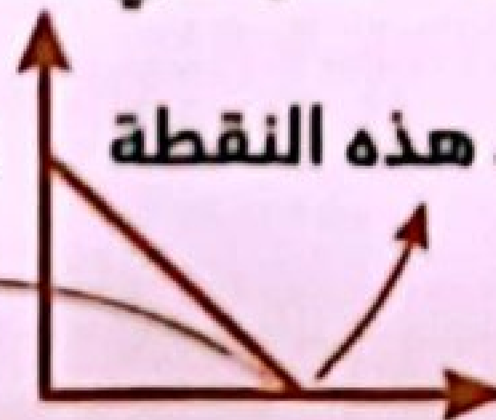
النقطة التي يتقاطع فيها الخط مع الصادات يكون عندها إحداثي السينات مساوي للصفر



$Y = -A \times 0 + B$

$Y = B$

النقطة التي يتقاطع فيها الخط مع السينات يكون عندها إحداثي الصادات مساوي للصفر



عند هذه النقطة $Y = 0$

$0 = -A X + B$

$X = \frac{B}{A}$

خطأ مشهور

كل علاقة طردية هى علاقة تزايدية أو تناقصية وليس العكس.

العلاقة الطردية

العلاقة التزايدية أو التناقصية

- بعض العلاقات البيانية في الفصل الأول

العلاقة الرياضية (القانون) الميل وما يساويه	العلاقة البيانية	العلاقة الرياضية (القانون) الميل وما يساويه	العلاقة البيانية
$I = \frac{Q}{t}$ $Slope = \frac{\Delta I}{\Delta(\frac{1}{t})} = Q$	I , $\frac{1}{t}$	$I = \frac{V}{R}$ $Slope = \frac{\Delta I}{\Delta(\frac{1}{R})} = V$	I , $\frac{1}{R}$
$W = VQ$ $Slope = \frac{\Delta W}{\Delta V} = Q$	W , V	$PW = VI$ $Slope = \frac{\Delta PW}{\Delta V} = I$	Pw , V
$Pw = I^2R$ $Slope = \frac{\Delta Pw}{\Delta I^2} = R$	PW , I^2	$\rho e = \frac{RA}{l}$ $Slope = \frac{\Delta \rho e}{\Delta A} = 0$	ρe , A
$R = \frac{\rho e\, L}{A}$ $Slope = \frac{\Delta R}{\Delta(\frac{1}{A})} = \rho e\, L$	R , $\frac{1}{A}$	$R = \frac{\rho e\, L}{A}$	R , A
(فرق الجهد بين طرفي البطارية) $V = V_B - Ir$ $Slope = \frac{\Delta V}{\Delta I} = -r$	V , I , V_B , $\frac{V_B}{r}$	(فرق الجهد بين طرفي البطارية الضعيفة - دائرة شحن) $V = V_B + Ir$ $Slope = \frac{\Delta V}{\Delta I} = r$	V , I , V_B

المحاضرة السادسة

قراءة الأميتر والفولتميتر

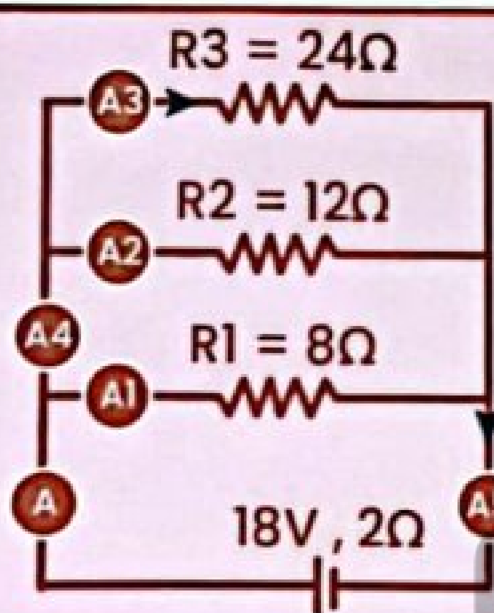
محتويات المحاضرة

- قراءة الأميتر
- قراءة الفولتميتر
- إضاءة المصابيح

قراءة الأميتر

مثال توضيحي

- أوجد قراءة كل أميتر في الدائرة المقابلة

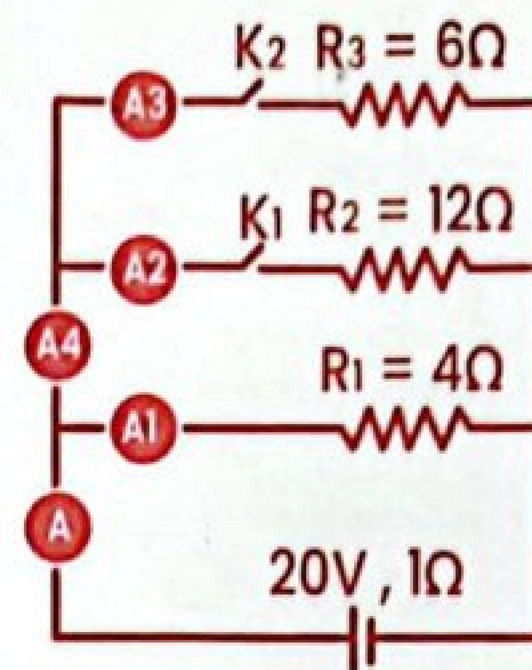


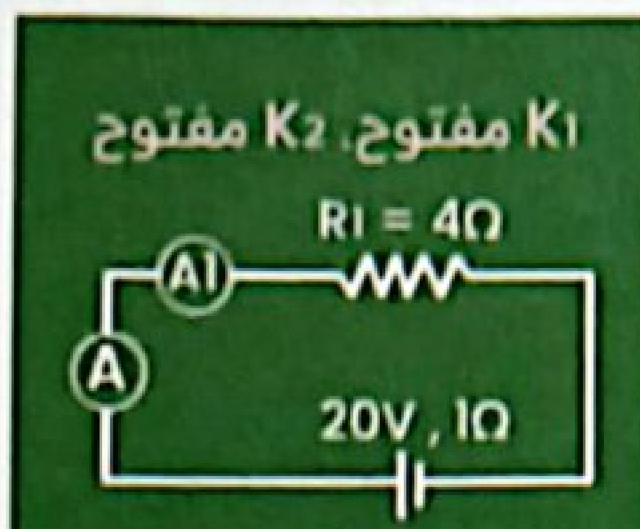
الأميتر	يقـــرأ	حساب القراءة
A	التيار العمومي	$I=\frac{V_B}{R+r}=\frac{18}{4+2}=3A$
A1	تيار المقاومة R1 فقط	$I=\frac{V_1}{R_1}=\frac{V_{مجموعة}}{R_1}=\frac{I_{مجموعة}\,R_{مجموعة}}{R_1}=\frac{3\times4}{8}=1.5\ A$
A4	(A - A1) = (A2 + A3)	3 - 1.5 = 1.5 A
A2	تيار المقاومة R2 فقط	$I=\frac{V_2}{R_2}=\frac{V_{مجموعة}}{R_2}=\frac{I_{مجموعة}\,R_{مجموعة}}{R_2}=\frac{3\times4}{12}=1\ A$
A3	تيار المقاومة R3 فقط	$I=\frac{V_3}{R_3}=\frac{V_{مجموعة}}{R_3}=\frac{I_{مجموعة}\,R_{مجموعة}}{R_3}=\frac{3\times4}{24}=0.5\ A$
A5	التيار العمومي = A	3 A

مثال

أوجد قراءة كل أميتر في الدائرة المقابلة، في الحالات الآتية: أ) K1 مفتوح، K2 مفتوح. ب) K1 مغلق، K2 مفتوح ج) K1 مغلق، K2 مغلق

يجب رسم كل حالة بشكل منفصل لتجنب الخطأ





$$A = A_1 = I_t = \frac{V_B}{R+r} = \frac{20}{4+1} = 4A$$

$$A_2 = A_3 = A_4 = 0$$

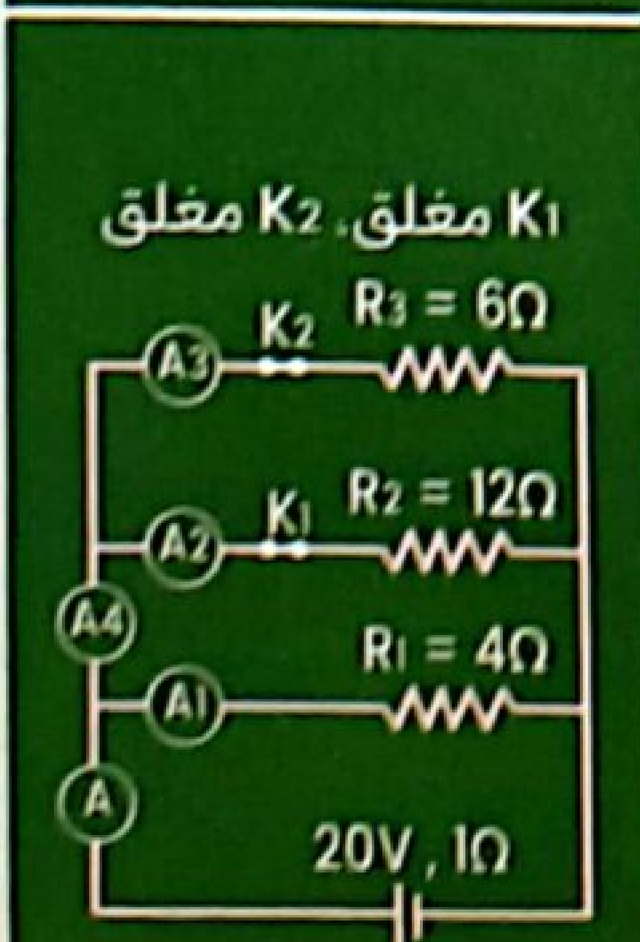
$$A = I_t = \frac{VB}{R+r} = \frac{20}{3+1} = 5A$$

$$A_1 = \text{تيار المقاومة } R_1 \text{ فقط} = I = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_{\text{مجموعة}}}{R_1}$$

$$= \frac{I_{\text{مجموعة}} R_{\text{مجموعة}}}{1R} = \frac{3 \times 5}{4} = 3.75A$$

$$A_2 = A_4 = \text{تيار المقاومة } R_2 \text{ فقط} = I = \frac{V_2}{R2} = \frac{V_{\text{مجموعة}}}{R2}$$

$$= \frac{I_{\text{مجموعة}} R_{\text{مجموعة}}}{R_2} = \frac{5 \times 3}{12} = 1.25A$$



$$A = I_t = \frac{V_B}{R+r} = \frac{20}{2+1} = \frac{20}{3} A$$

$$A_1 = \text{تيار المقاومة } R_1 \text{ فقط} = I = \frac{V_1}{R1} = \frac{V_{\text{مجموعة}}}{R_1}$$

$$= \frac{I_{\text{مجموعة}} R_{\text{مجموعة}}}{R_1} = \frac{\frac{20}{3} \times 2}{4} = \frac{10}{3} A$$

$$A_4 = A - A_1 = \frac{10}{3} A = A_2 + A_3$$

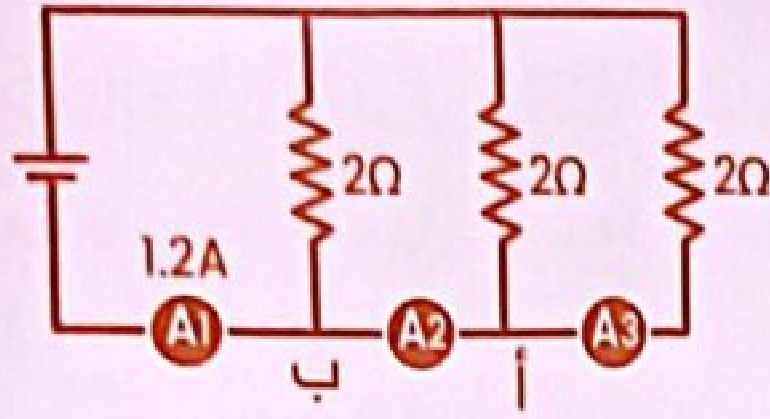
$$A_2 = \text{تيار المقاومة } R_2 \text{ فقط} = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_{\text{مجموعة}}}{R_2}$$

$$= \frac{I_{\text{مجموعة}} R_{\text{مجموعة}}}{R_2} = \frac{\frac{10}{3} \times 4}{12} = \frac{10}{9} A$$

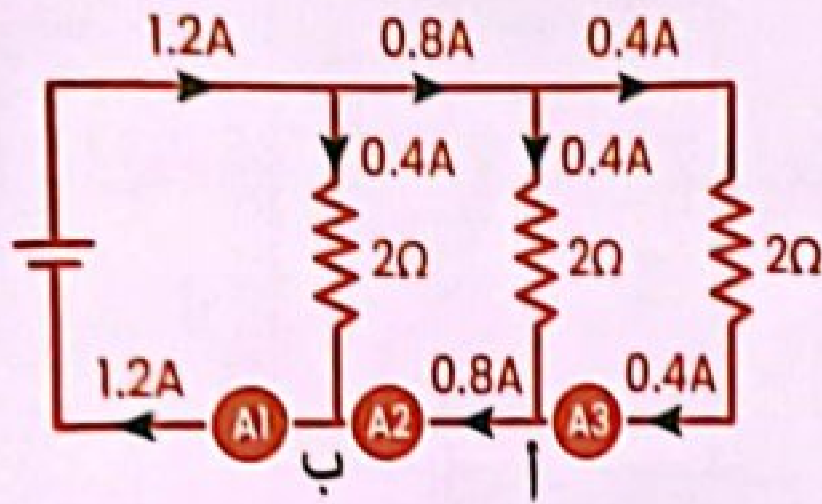
$$A_3 = A_4 - A_2 = \frac{20}{9} A$$

مثـــال

أوجد قراءة A3 , A2 إذا علمت أن قراءة A1 هى 1.2A



-تُقسَم 1.2A علي الثلاث مقاومات بالتساوي فيمر في كل مقاومة 0.4A ؛ وكأن معك عربة نقل حمولتها 1.2A تفرغ 0.4A في المقاومة الأولي ويتبقي عليها 0.8A ثم تُفرغ 0.4A في المقاومة الثانية فيتبقي عليها 0.4A (A3) ثم تصل لنقطة "أ" وتجّمع 0.4A من المقاومة الثانية بالإضافة إلي 0.4A التي عليها فيكون معها (A2) 0.8A ثم تجّمع 0.4A عندما تصل إلي "ب" فيكون معها حمولة 1.2A (A1).

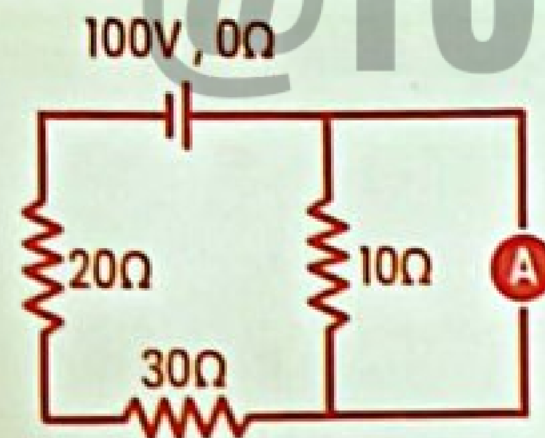


ملاحظـات

- يوصل الأميتر في الدائرة الكهربية على التوالي حتى يمر به كل تيار الدائرة.
- يراعى أن تكون مقاومته صغيرة جدا (حتى يمكن إهمالها) وبذلك لا يؤثر على تيار الدائرة.
- إذا وُصل الأميتر على التوازي بين طرفي مقاومة فإنه يعمل سلك مقاومته منعدمة فيمر منه كل التيار وبذلك تُلغى المقاومة الموصلة معه على التوازي.

مثـــال

احسب التيار الكلي في الدائرة المقابلة



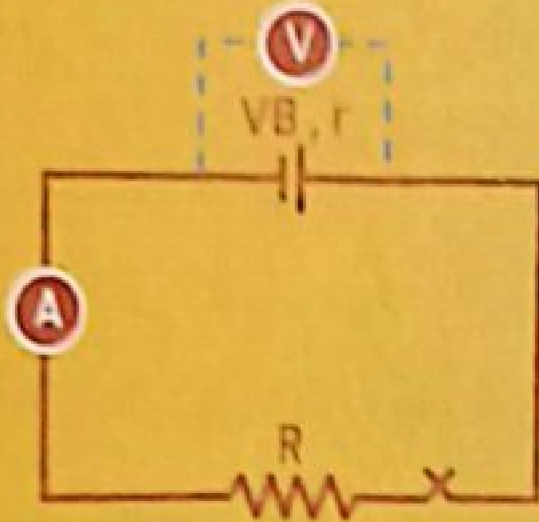
في هذه الدائرة تُلغى المقاومة ١٠ أوم لأن كل التيار سيمرمن الأميتر الموصل بين طرفيها على التوازي

$$I_t = \frac{V_B}{R+r} = \frac{100}{50} = 2A$$

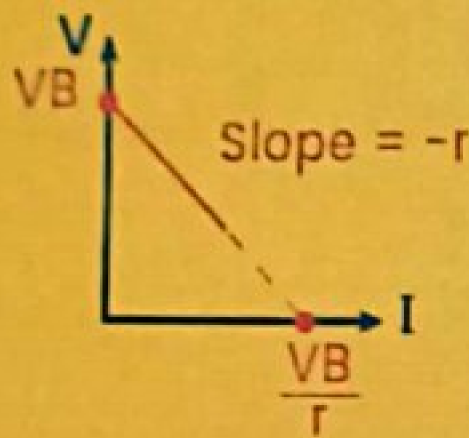
"Keep your dreams alive. Understand to achieve anything requires faith and belief in yourself, vision, hard work, determination, and dedication. Remember all things are possible for those who believe. (Gail Devers)"

قراءة الفولتميتر

العلاقة بين القوة الدافعة الكهربية لعمود وفرق الجهد بين طرفيه



- في الدائرة المقابلة تكون قراءة الفولتميتر: $V = V_B - I r_{in}$
- من هذه العلاقة يتبين أنه عند إنقاص شدة التيار I تدريجياً في الدائرة الموضحة عن طريق زيادة المقاومة الخارجية سيزداد فرق الجهد V بين قطبي العمود.

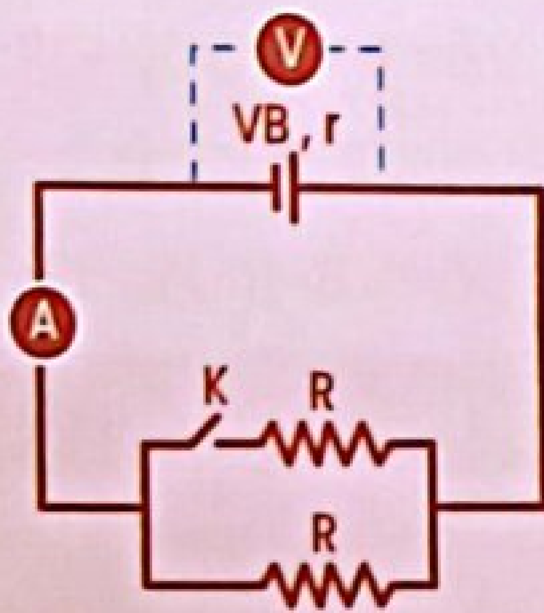


- عندما تصبح شدة التيار صغيرة جداً إلى حد يمكن معه إهمال الحد الثاني من الطرف الأيمن (Ir) في المعادلة السابقة.
- يصبح فرق الجهد بين قطب للعمود مساوياً تقريباً للقوة الدافعة الكهربية.

أي أن القوة الدافعة الكهربية لعمود هي فرق الجهد بين قطبيه في حالة عدم مرور تيار كهربي في دائرته

مثال

في الرسم المقابل أوجد ماذا يحدث عند غلق المفتاح لكل من: 1- قراءة الأميتر. 2- قراءة الفولتميتر. 3- كفاءة البطارية. 4- القدرة المسحوبة من المصدر.



1- قراءة الأميتر سوف تزداد.

$$I_t \uparrow = \frac{V_B}{R_{out} \downarrow + r_{in}}$$

2- قراءة الفولتميتر سوف تقل.

$$V \downarrow = V_B - I r \uparrow = V_{out}$$

3- كفاءة البطارية سوف تقل.

$$\eta_{\text{كفاءة البطارية}} \downarrow = \frac{V_{out} \downarrow}{V_B} \times 100$$

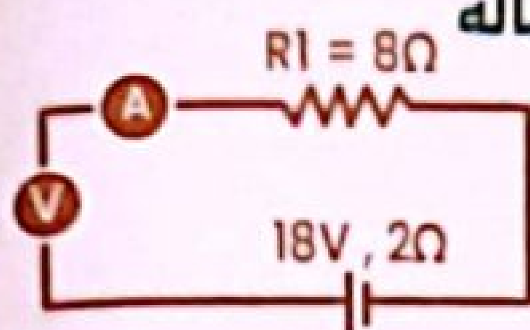
4- القدرة المسحوبة من المصدر سوف تزداد.

$$PW_B \uparrow = V_B I_B \uparrow$$

عند غلق المفتاح تقل المقاومة الكلية لإضافة مقاومة على التوازي؛ وبالتالي يزداد التيار الكلي

ملاحظات

- يوصل الفولتميتر في الدائرة الكهربية على التوازي بين النقطتين المراد قياس فرق الجهد بينهما ليكون فرق الجهد بين طرفيه مساويًا لفرق الجهد بينهما.
- يراعى أن تكون مقاومة الفولتميتر كبيرة جداً حتى لا يسحب إلا تيار ضئيل يمكن إهماله من الدائرة وبذلك لا يؤثر على فرق الجهد المراد قياسه.



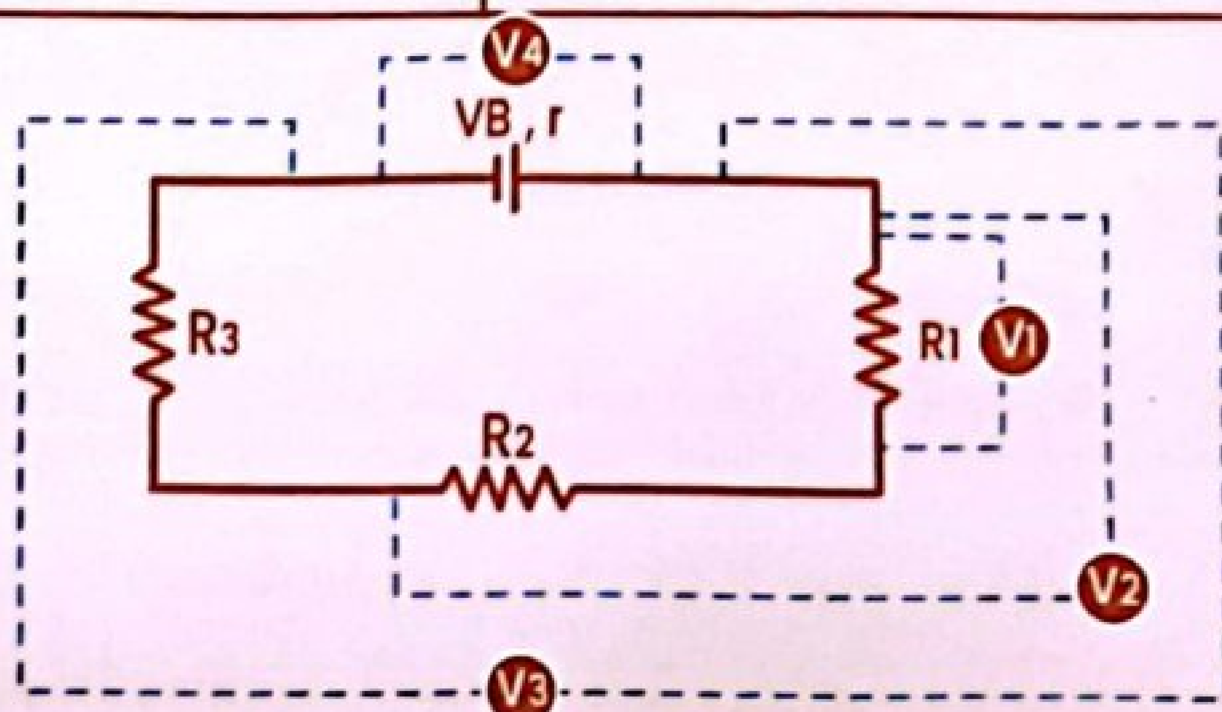
- إذا وُصل الفولتميتر على التوالي في الدائرة الكهربية مع البطارية ومقاومات أخرى فإنه عندئذ تُضاف مقاومة الفولتميتر لمقاومات الدائرة على التوالي فتصبح المقاومة الكلية في الدائرة كبيرة جداً ويمر بالدائرة تيار ضئيل جداً، أما الفولتميتر سوف يقيس القوة الدافعة الكهربية للبطارية تقريباً.

مثال: في الدائرة المقابلة يمر بها تيار ضئيل جدا بسبب كبر مقاومة الفولتميتر فتكون قراءة الأميتر صغيرة جداً (تكاد تكون صفراً) أما قراءة الفولتميتر تساوي تقريباً القوة الدافعة الكهربية = 18 فولت.

مثـــال

أوجد قراءة كل فولتميتر في الحالات الآتية.

$V_B=\underset{V_{in}}{Ir}+\underset{V_{out}}{IR_1+IR_2+IR_3}$ $IR_1=V_B-Ir-IR_2-IR_3$ $V_1=IR_1=V_B-Ir-IR_2-IR_3$	$V_B=Ir+IR_1+IR_2+IR_3$ $IR_1+IR_2=V_B-Ir-IR_3$ $V_2=IR_1+IR_2=V_B-Ir-IR_3$	$V_B=Ir+IR_1+IR_2+IR_3$ $IR_1+IR_2+IR_3=V_B-Ir$ $V_3=IR_1+IR_2+IR_3=V_B-Ir$



$V_B=V_{in}+V_{out}=Ir+IR_1+IR_2+IR_3$

$V_1=IR_1=V_B-Ir-IR_2-IR_3$

$V_2=IR_1+IR_2=V_B-Ir-IR_3$

$V_3=IR_1+IR_2+IR_3=V_B-Ir=V_B-V_{in}$

$V_4=V_3$ (لنفس النقطتين) $=V_B-Ir=IR_1+IR_2+IR_3$

مثـــال

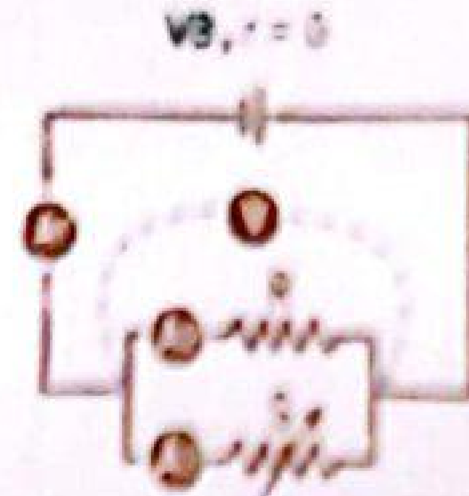
اكتب العلاقة المعبرة عن قراءة كل فولتميتر ثم اذكر ماذا يحدث لكل قراءة عند زيادة الريوستات.

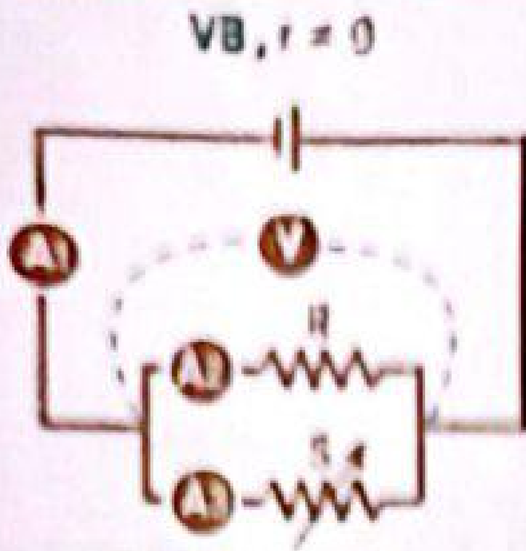
قراءة الفولتميتر V1	قراءة الفولتميتر V2	قراءة الفولتميتر V3
• $V_1 = IR$ يمكن الاستدلال منها • $V_1 = V_B - Ir - IR'$ لا يمكن الاستدلال منها	• $V_2 = IR'$ لا يمكن الاستدلال منها • $V_2 = V_B - Ir - IR$ يمكن الاستدلال منها	• $V_3 = IR + IR'$ لا يمكن الاستدلال منها • $V_3 = V_B - Ir$ يمكن الاستدلال منها
عند زيـــادة الريوستات		
بزيادة `R يقل I ويظل r , VB ثابتتين. لا يمكن الاستدلال من (2)، ومن (1) نجد أن (V1 تقل)	بزيادة `R يقل I ويظل r , VB ثابتتين. لا يمكن الاستدلال من (1)، ومن (2) نجد أن (V2 تزداد)	بزيادة `R يقل I ويظل r , VB ثابتتين. لا يمكن الاستدلال من (1)، ومن (2) نجد أن (V3 تزداد)

قراءة الفولتميتر V1	قراءة الفولتميتر V2	قراءة الفولتميتر V3
$V_1 = IR + IS$ $V_1 = V_B - Ir$	$V_2 = IS$ $V_2 = V_B - Ir - IR$	$V_3 = IR$ $V_3 = V_B - Ir - IS$
عن زيادة الريوستات		
V_1 تزداد	V_2 تزداد	V_3 تقل

مثـــال

ما الذي يحدث لقراءة كل أميتر عند تقليل الريوستات S؟





القاعدة الأساسية لمعرفة ما الذي حدث لقراءة الأميتر هي أن نعرف ماذا حدث لكل من فرق الجهد والمقاومة

بتوصيل فولتميتر كما بالشكل لمعرفة ماذا يحدث لفرق الجهد ومن ثم تيار الفرع

الأميتر A1 يقيس التيار الكلي

$$I_t = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}}$$

بتقليل S تقل Rout وتكون VB ثابتة وبالتالي تزداد قراءة A1

$$I_t = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}}$$

بتقليل S تقل Rout ويكون كل من VB , r ثوابت وبالتالي تزداد قراءة A1

الأميتر A2 يقيس تيار الفرع العلوي

$$I_{علوي} = \frac{V_{علوي}}{R} = \frac{V_B}{R}$$

بتقليل S لا تتغير VB , R وبالتالي تظل قراءة A2 ثابتة

$$I_{علوي} = \frac{V_{علوي}}{R} = \frac{V_B - I r_{in}}{R}$$

بتقليل S يزداد I ولا تتغير VB ، r , R وبالتالي تقل قراءة A2

الأميتر A3 يقيس تيار الفرع السفلي

$$I_{علوي} = \frac{V_{علوي}}{S} = \frac{V_B}{S}$$

بتقليل S وثبات VB تزداد قراءة A3

$$I_{علوي} = \frac{V_{علوي}}{S} = \frac{V_B - I r_{in}}{S}$$

بتقليل S تزداد I وثبات VB , r

لن نستطيع معرفة ماذا يحدث لقراءة A3

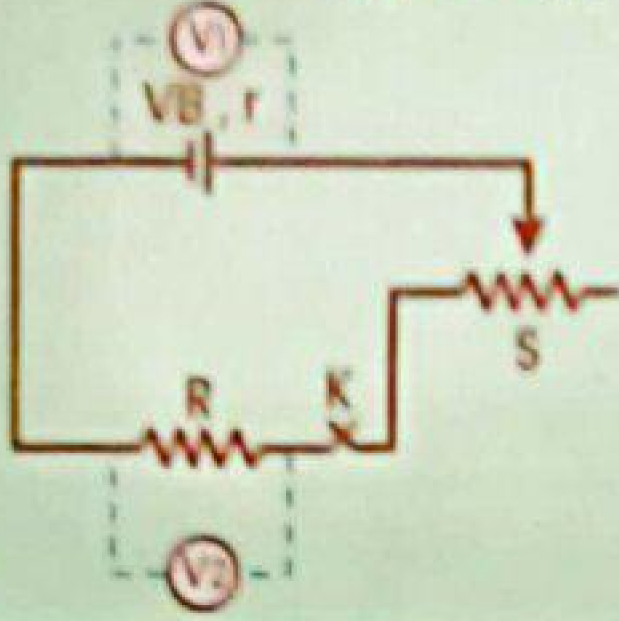
لاحظ أن: A3 = A1 - A2

ولأن A1 زادت قراءته، وA2 قلت قراءته؛ فبالتالي تزداد قراءة A3

العلاقة بين الفولتميترات

مثال

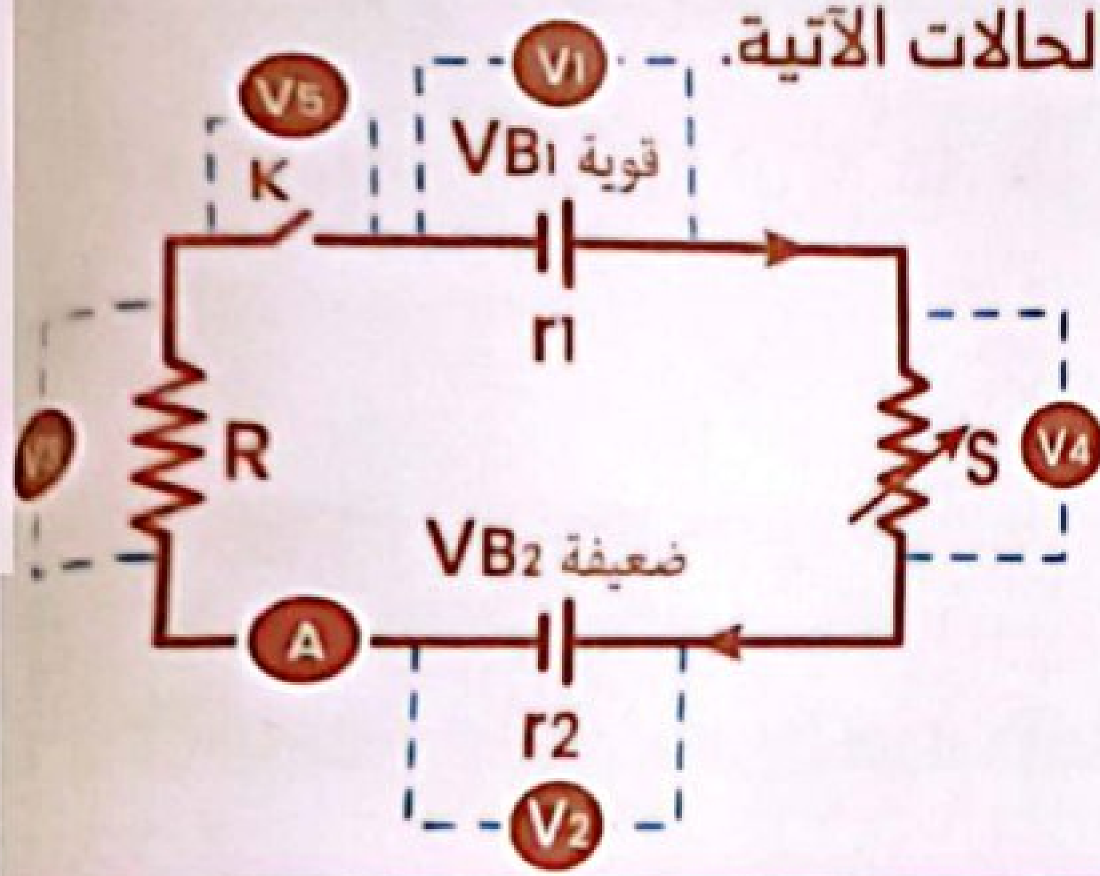
اكتب العلاقة بين قراءة كل من V1 و V2 وشدة التيار الكهربي I المار بالدائرة



$V_1 = V_2 + IS$

الفولتميتر بين طرفي المصدر = مجموع الفولتميرات = مجموع فروق الجهد في الدائرة كلها)

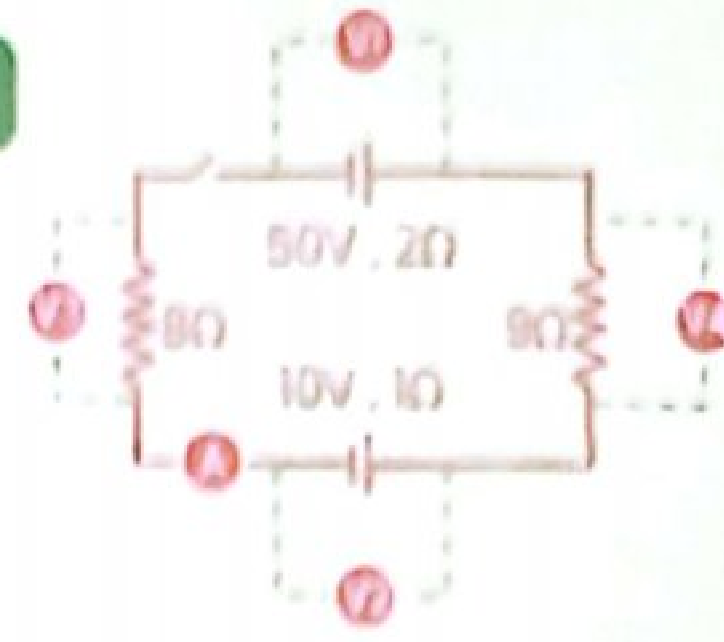
ما الذي يحدث لقراة كل من الأميتر والفولتميترات في الحالات الآتية.



انظر جزء الرسم البياني

الرسم البياني	زيادة S	غلق K	فتح K	
	يقل	$I_t = \frac{VB_1 - VB_2}{R + S + r_1 + r_2}$	يكاد يكون صفراً	A
V1 (محور رأسي)، VB1، Slope = $-r_1$، I، $\frac{VB_1}{r_1}$	يزداد	$V_1 = VB_1 - Ir_1$	$V_1 = VB_1$	V1
V2 (محور رأسي)، VB2، Slope = r_2، I	يقل	$V_2 = VB_2 + Ir_2$	$V_2 = VB_2$	V2
V3 (محور رأسي)، Slope = R، I	يقل	$V_3 = IR$	$V_3 = 0$	V3
V4 (محور رأسي)، VB1 - VB2، Slope = $-(R + r_1 + r_2)$، I، $\frac{VB_1 - VB_2}{R + r_1 + r_2}$	يزداد	$V_4 = IS$ OR $V_4 = VB_1 - VB_2 - IR - Ir_1 - Ir_2$ ↓ $V_4 = (VB_1 - VB_2) - I(R + r_1 + r_2)$	$V_4 = 0$	V4
	0	0	$V_5 = VB_1 - VB_2$	V5

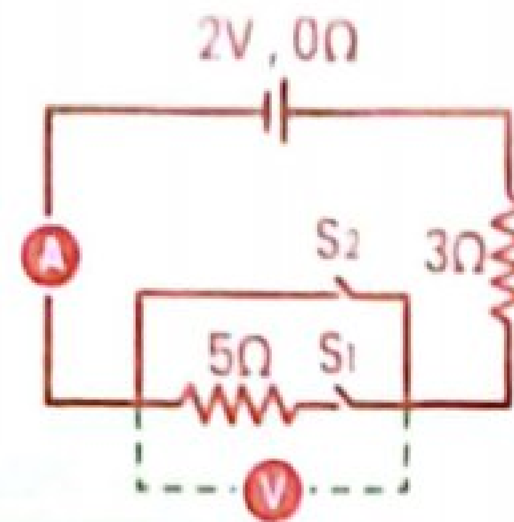
مثال



غلق المفتاح

- $I_t = \frac{50 - 10}{(9 + 8 + 1 + 2)} = \frac{40}{20} = 2A$
- $V_1 = 50 - (2 \times 2) = 46V$
- $V_1 = V_2 + V_3 + V_4$
- $V_3 = 2 \times 8 = 16V$
- $V_4 = 2 \times 9 = 18V$
- $V_2 = 10 + (2 \times 1) = 12V$

OR $V_2 = V_1 - V_3 - V_4 = 46 - 16 - 18 = 12V$



	غلق S1 وفتح S2	غلق S1 وغلق S2	فتح S1 وفتح S2
A	0.25A	$\frac{2}{3}$ A	0
V	1.25V	0	$V_B = 2V$

إضاءة المصابيح

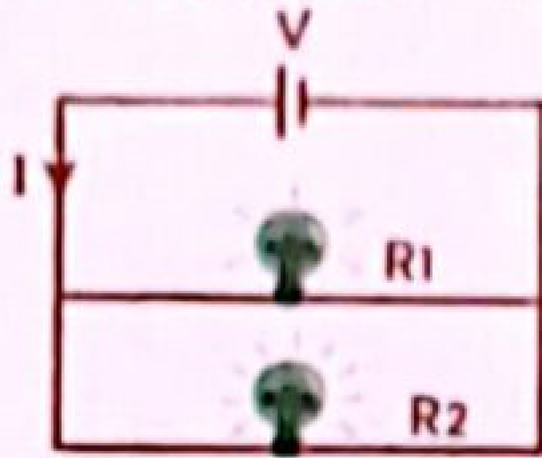
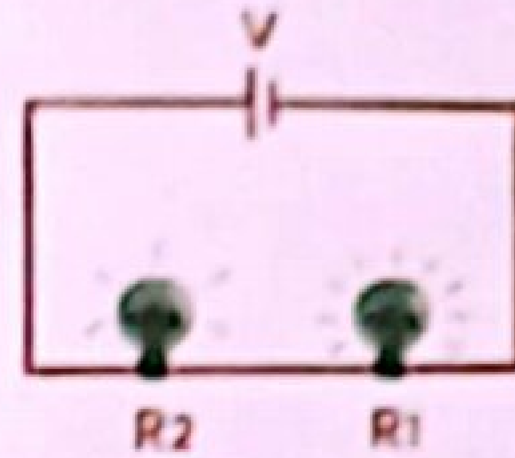
- المقصود بالمصباح هنا هو "المصباح المتوهج"؛ والتي تعتمد فكرة عمله على مرور تيار في سلك (من التنجستين) مما يؤدي إلى تسخينه وتوهجه فيضيى (تتحول الطاقة الكهربية في السلك إلى طاقة حرارة).
- تعتمد إضاءة المصباح على كمية الحرارة المنبعثة في الثانية وبالتالي تعتمد على الطاقة الكهربية المستهلكة في السلك في الثانية (قانون بقاء الطاقة) أي تعتمد على القدرة الكهربية للمصباح.

لاحظ.. عند المقارنة بين كميتين نختار القانون الأنسب؛ بحيث يكون به متغير واحد والباقي ثوابت

مثـــال

لدينا مصباحان مقاومة أحدهما R1 أكبر من مقاومة الاخر R2، حدد أيهما صاحب الإضاءة الأقوى عند التوصيل مرة على التوالي ومرة على التوازي

R1 > R2

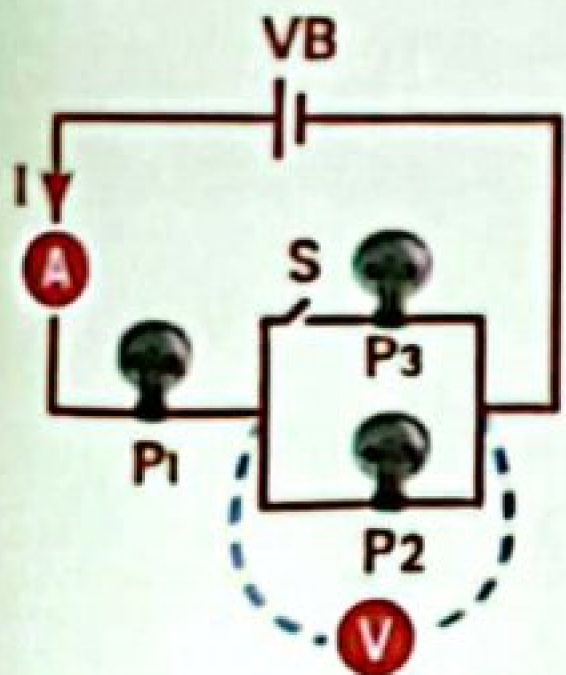
عند التوصيل على التوازى	عند التوصيل على التوالى
يتساوى فرق الجهد على كل منهما V	يمر بكل منهما نفس التيار I
$PW = VI = \frac{V^2}{R}$ $PW_2 > PW_1$ 	$PW = VI = I^2R$ $PW_1 > PW_2$ 

نختار قانون القدرة الأنسب في التوالي وهو: $PW = I^2R$ لأن التيار يكون متساوي وبالتالي يكون هناك متغير واحد وهو المقاومة؛ فيكون صاحب المقاومة الأكبر هو صاحب القدرة (الإضاءة) الأكبر

نختار قانون القدرة الأنسب في التوازي وهو: $PW = V^2/R$ لأن فرق الجهد يكون متساوي وبالتالي يكون هناك متغير واحد وهو المقاومة؛ فيكون صاحب المقاومة الأقل هو صاحب القدرة (الإضاءة) الأكبر

مثـــال

في الرسم المقابل P1 , P2 , P3 ثلاثة مصابيح متماثلة موصلة كما بالرسم مع بطارية مقاومتها الداخلية مهملة. وضح ماذا يحدث لإضاءتها عند غلق المفتاح S.



حل سريع

عند غلق المفتاح تقل المقاومة الكلية لإضافة مقاومة على التوازي؛ وبالتالي يزداد التيار الكلي

بتوصيل أميتر وفولتميتر كما بالشكل:

← تزداد قراءة الأميتر (يقرأ التيار الكلي) فتزداد إضاءة P1 تبعاً للعلاقة: $PW = I^2R$

← تقل قراءة الفولتميتر بزيادة شدة التيار $(V = VB - IR)$ فتقل إضاءة P2 تبعاً للعلاقة: $PW = \frac{V^2}{R}$

← المصباح P3 سوف يضيئ.

حــل تفصيلي

	المصباح P1	المصباح P2
شدة التيار قبل غلق المفتاح S	$I = \frac{V_B}{2R}$	$I = \frac{V_B}{2R}$
شدة التيار بعد غلق المفتاح S	$I = \frac{V_B}{1.5R} = \frac{2V_B}{3R}$	$I = \frac{1}{2} \times (\frac{2V_B}{3R}) = \frac{V_B}{3R}$
نسبة التغير في شدة التيار	$\frac{I_{\text{بعد}}}{I_{\text{قبل}}} = \frac{4}{3}$	$\frac{I_{\text{بعد}}}{I_{\text{قبل}}} = \frac{2}{3}$
نسبة التغير في القدرة (الإضاءة) $(PW = I^2R)$	$\frac{PW_{\text{بعد}}}{PW_{\text{قبل}}} = \frac{16}{9}$ تزداد إضاءة P1 إلى $\frac{16}{9}$ مما كانت عليه	$\frac{PW_{\text{بعد}}}{PW_{\text{قبل}}} = \frac{4}{9}$ تقل إضاءة P2 إلى $\frac{4}{9}$ مما كانت عليه

المحاضرة السابعـة

قانونـا كيرشـوف

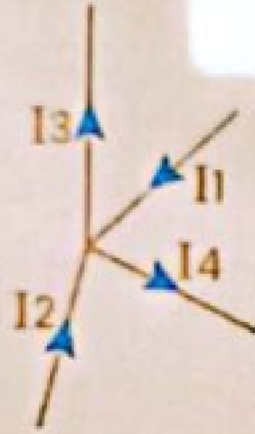
محتويات المحاضرة

- قانون كيرشوف الأول
- قانون كيرشوف الثاني
- 2- loops
- 3- loops
- الجهد عند نقطة
- فرق الجهد بين نقطتين
- إيجاد المقاومة المكافئة باستخدام قانونا كيرشوف

قانون كيرشوف الأول

نص قانون كيرشوف الأول

مجموع التيارات الداخلة عند نقطة = مجموع التيارات الخارجة من نفس النقطة



$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$

$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$

$\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$

عرف

لاحظ!!

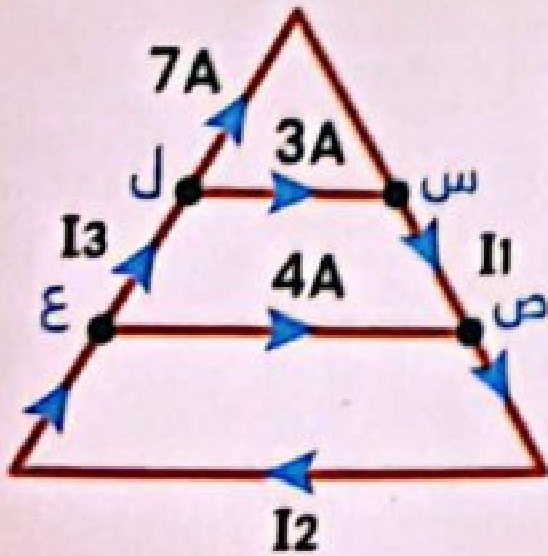
ويسمى هذا القانون بـ"قانون النقطة" أو "قانون حفظ (بقاء) الشحنة"؛
حيث أن الشحنة التي تدخل عند نقطة خلال زمن معين = الشحنة الخارجة خلال نفس الزمن

؟! علل لا يُشحن سلك الكهرباء رغم دخول الكهرباء إليه.

لأنه تبعاً لقانون كيرشوف الأول فإن كمية الشحنة الداخلة له خلال زمن معين يساوي كمية الشحنة الخارجه منه خلال نفس الزمن فلا تتراكم شحنات في السلك.

مثـــال (1)

أوجد قيمة واتجاه التيارات المجهولة في كل مما يأتي.



- عند النقطة س نجد ثلاث طرق:

$3 + 7$ (داخل) $= I_1$ (خارج) $\rightarrow I_1 = 10A$

- عند النقطة ص نجد ثلاث طرق:

$10 + 4$ (داخل) $= I_2$ (خارج) $\rightarrow I_2 = 14A$

- عند النقطة ع نجد ثلاث طرق:

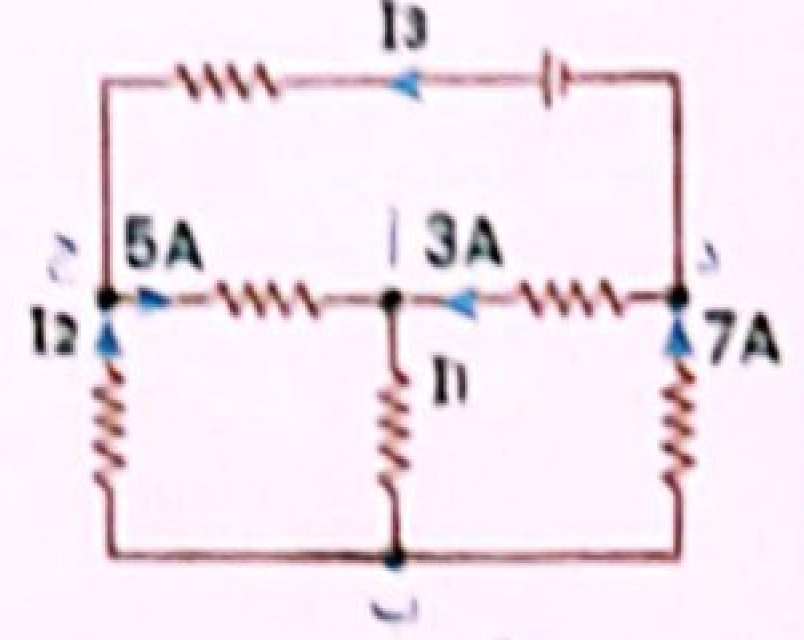
$I_2 = 14$ (داخل) $= 4 + I_3$ (خارج) $\rightarrow I_3 = 10A$

- عند النقطة ل (للتأكد) نجد ثلاث طرق:

$7 + 3$ (خارج) $= 10$ (داخل)

مثـــال (٢).

أوجد قيمة واتجاه التيارات المجهولة في كل مما يأتي



- عند النقطة أ:

3 + 5 (داخل) = 8A

(اتجاهه خارج النقطة - لأسفل -) $\rightarrow I_1 = 8A$

- عند النقطة ب:

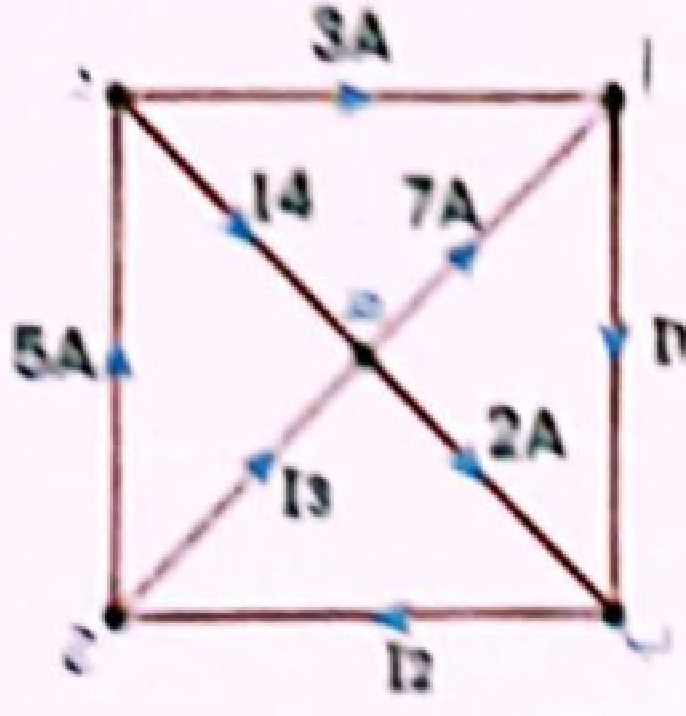
8 (داخل) = 7 + I_2 (خارج) $\rightarrow I_2 = 1A$

- عند النقطة ج:

1 + I_3 (داخل) = 5 (خارج) $\rightarrow I_3 = 4A$

- عند النقطة د (للتأكد):

7 (داخل) = 3 + 4 (خارج)



- عند النقطة أ:

7 + 3 (داخل) = I_1 (خارج) $\rightarrow I_1 = 10A$

- عند النقطة ب:

10 + 2 (داخل) = I_2 (خارج) $\rightarrow I_2 = 12A$

- عند النقطة ج:

12 (داخل) = 5 + I_3 (خارج) $\rightarrow I_3 = 7A$

- عند النقطة د:

5 (داخل) = 3 + I_3 (خارج) $\rightarrow I_4 = 2A$

- عند النقطة ه (للتأكد):

7 + 2 (داخل) = 2 + 7 (خارج)

لاحظ!!

إذا كان التيار بالسالب يعني أن اتجاه التيار على الرسم عكس الاتجاه الأصلي (الحقيقي)؛ لذلك

- إذا لم نغير الاتجاه فلا نغير الإشارة أيضاً (الأفضل لتجنب الخطأ).
- إذا قمنا بتغيير الاتجاه على الرسم ليوافق الاتجاه الأصلي فيجب تغيير الإشارة أيضاً.

مثـــال (٣).

أوجد قيمة واتجاه التيارات المجهولة في كل مما يأتي.

- عند النقطة أ:

2 (داخل) = 7 + I_1 (خارج) $\rightarrow I_1 = -5A$ (عكس الاتجاه)

- عند النقطة ب:

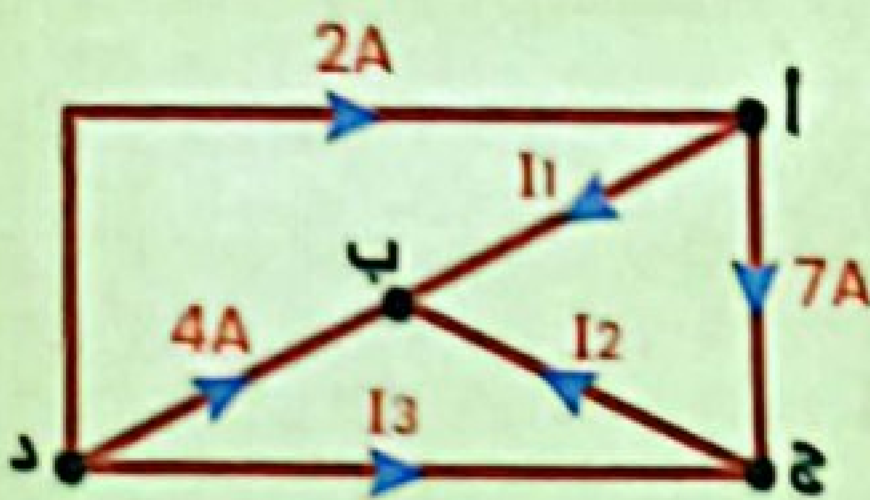
4 + (-5) + I_2 (داخل) = 0 (خارج) $\rightarrow I_2 = 1A$

- عند النقطة ج:

7 + I_3 (داخل) = 1 (خارج) $\rightarrow I_3 = -6A$ (عكس الاتجاه)

- عند النقطة د (للتأكد):

0 (داخل) = 2 + 4 + (-6) (خارج)



قانون كيرشوف الثاني

1- القوة الدافعة الكهربية لدائرة كهربية مغلقة تعبر عن الشغل أو الطاقة اللازمة لتحريك الشحنات الكهربية عبر الدائرة كلها.

2- فرق الجهد الكهربي $V = IR$ يعبر عن الشغل المبذول لتحريك الشحنات الكهربية عبر جزء من الدائرة.

3- ومن قانون بقاء الطاقة يمكننا التوصل لنص قانون كيرشوف الثاني.

لاحظ .ويسمى هذا القانون ب "قانون العروة" أو "قانون حفظ (بقاء) الطاقة"

نص قانون كيرشوف الثاني

المجموع الجبري للقوى المحركة الكهربية في دائرة مغلقة يساوي المجموع الجبري لفروق الجهد في الدائرة

الصيغة الرياضية: $\Sigma VB = \Sigma IR$

(القوى الدافعة الكهربية في الدائرة = ΣVB، فروق الجهد على المقاومات في الدائرة = ΣIR)

عرف

لاحظ!!

الدائرة المغلقة هى كل مسار مغلق في الدائرة؛ وهو ما يعبر عنه بال loop «العروة»

(محصلة فروق الجهد في الدائرة)

$$\Sigma VB - \Sigma IR = \Sigma V = 0$$

ملاحظـــات!!

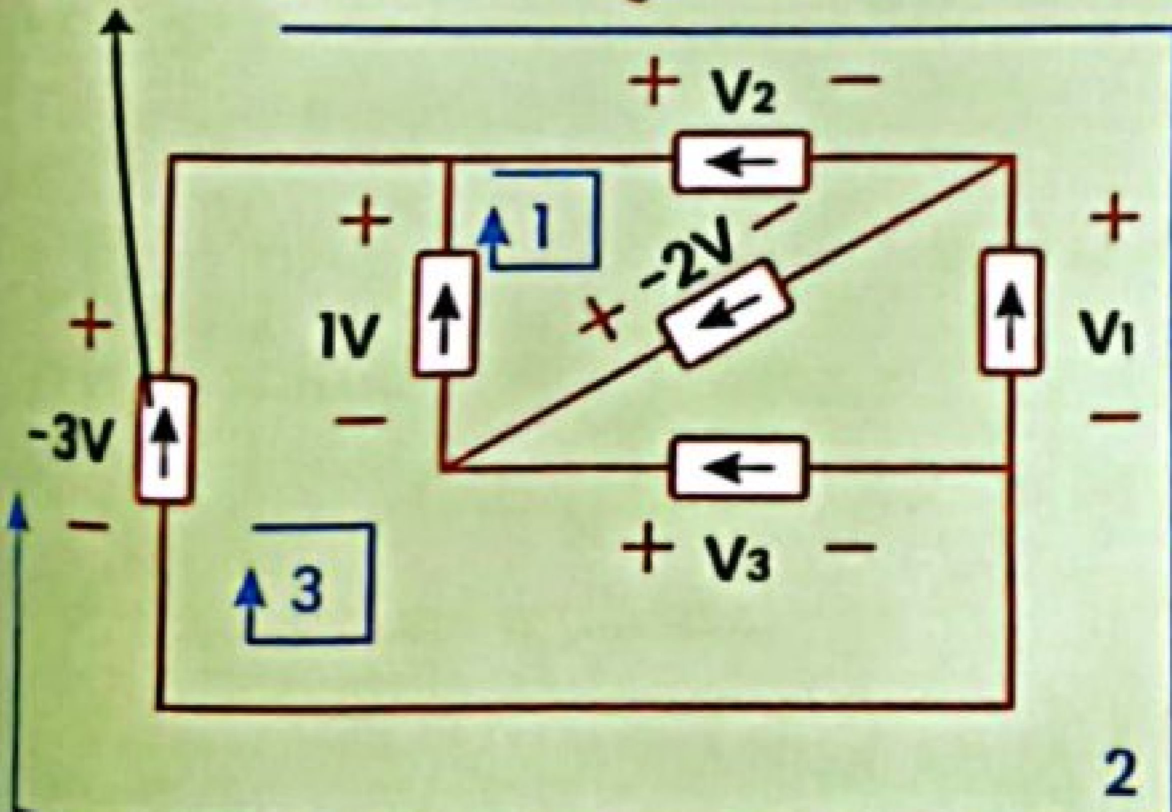
يكون هناك نوعين من المسارات المغلقة loops ؛ مسارات مستقلة ومسارات غير مستقلة (تعتمد على مسارات أخرى؛ فتكون مجموع اثنين من الloops مثلا):

Loops 1 , 2 مستقلة | بينما Loop 3 تعتمد على Loop 1 , 2 فلا تعطي معلومة جديدة عنهما

تكون عدد معادلات كيرشوف الثاني هى نفسها عدد المسارات المستقلة loops (التي لا تعتمد على مسارات loops أخرى)، وكذلك يتم تسمية الدوائر بحسب عدد الloops المستقلة بها (في المثال السابق 2-loops).

مثـــال

باستخدام قانون كيرشوف الثاني أوجد V_3, V_2, V_1



قد يعبر الرمز ▭ في الدائرة عن بطارية أو مقاومة

$$\Sigma V = 0$$

Loop (1): $1 - V_2 + (-2) = 0 \rightarrow V_2 = -1V$

Loop (2): $-(-1) - V_1 + (-3) = 0 \rightarrow V_1 = -2V$

Loop (3): $-1 - V_3 + (-3) = 0 \rightarrow V_3 = -4V$

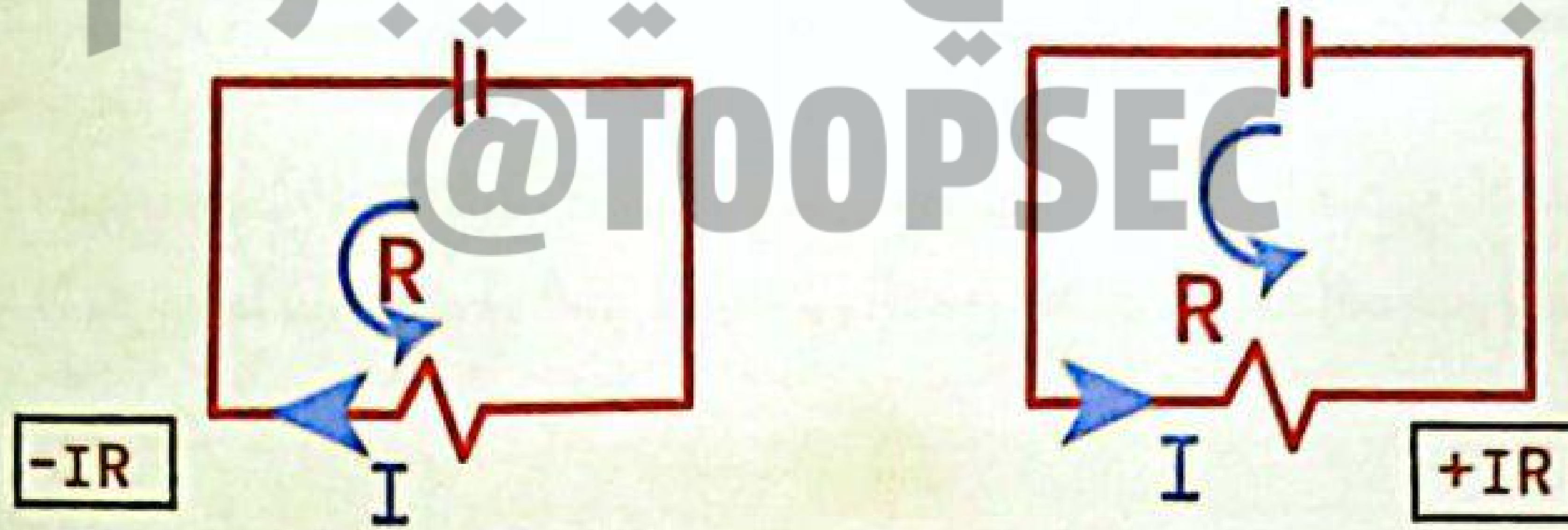
قانونا كيرشوف معا

- تُستخدم لحل الدوائر الكهربية المعقدة التي لا يطبق عليها قانون أوم؛ و يُستخدم فيها كل من كيرشوف الأول وكيرشوف الثاني لإيجاد المجاهيل في الدائرة؛ وذلك إذا أحتوت الدائرة على كل من تيارات وفروق جهد؛ وهو النوع الأكثر من المسائل.
- يجب أولاً معرفة إيجاد جهد النقطة، وكذلك إيجاد فرق الجهد بين أي نقطتين في دائرة كهربية.

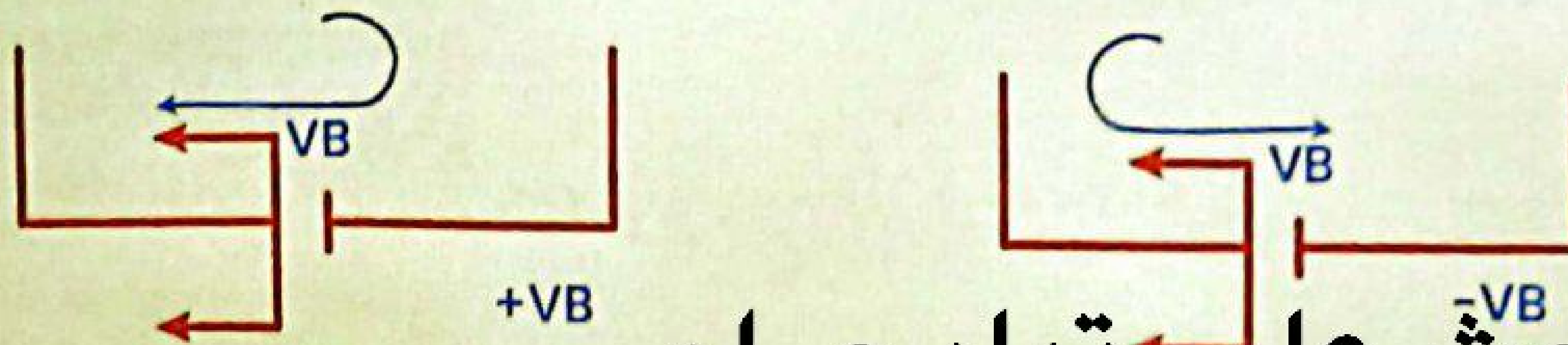
خطوات حل مسائل قانوني كيرشوف

مسائل ال 2-Loops

- نرسم الدائرة في أبسط صورة لها (بعد اختصار أي مقاومات متصلة على التوازي أو التوالي).
- نفرض تيارات لكل الأفرع مع تحديد اتجاهها على الرسم (إذا لم تكن معلومة أو مفروضة).
- نفرض اتجاه للدوران في كل loop بصورة عشوائية على الرسم (مع أو عكس عقارب الساعة - إذ لم تكن مفروضة).
- يُطَبق قانون كيرشوف الأول عند نقطة تفرع للتيار مرة واحدة. ← "المعادلة الأولى"
- إذا وافق إتجاه التيار المفروض (إتجاه المسار المفروض) يوضع التيار موجباً في المعادلة وإذا إتجاه التيار معاكساً للمسار المفروض يوضع التيار سالباً كما هو موضح بالرسم:

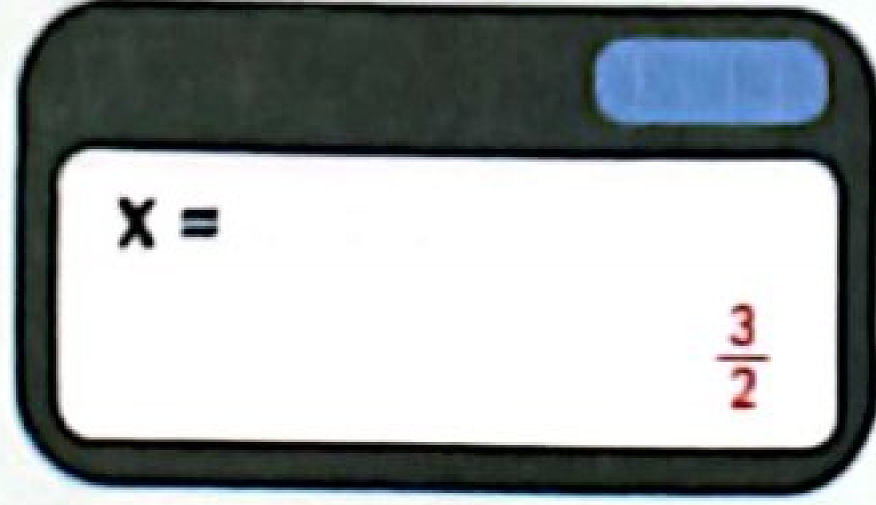


- وإذا وافق إتجاه دفع البطارية إتجاه المسار المفروض توضع موجبه ،وإذا كان إتجاه دفع البطارية عكس المسار توضع سالبة في المعادلة



3 نقوم بإدخال المعاملات الخاصة بكل مجهول على حدة (بعد كتابة كل معامل نقوم بالضغط على زر = لتسجيله) a ثم b ثم c ، وذلك في كل معادلة من المعادلات الثلاثة.

4 بعد إدخال جميع المعاملات نقوم بالضغط على = فيظهر على الشاشة قيم المجاهيل على الترتيب X ثم نضغط = فيظهر Y ثم نضغط = فيظهر Z.



بعد إيجاد قيمة كل تيار:

- إذا كانت ناتج التيار موجباً فإن الاتجاه المفروض على الرسم هو الاتجاه الصحيح (الحقيقي) للتيار.
- إذا كانت ناتج التيار سالباً فإن الاتجاه المفروض على الرسم عكس الاتجاه الصحيح (الحقيقي) للتيار.

ليست خطوة إجبارية إذا لم تُطلب

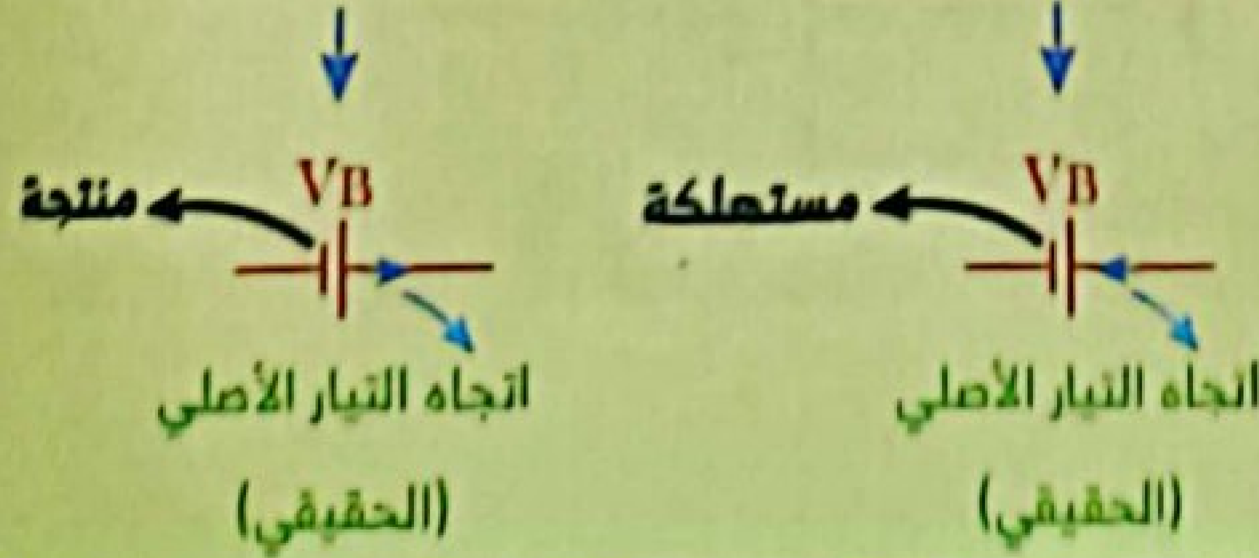
- للتأكد من الحل بعد تحديد الاتجاه الأصلي (الحقيقي) لكل تيار في الدائرة:
- تبعاً لقانون بقاء الطاقة فإن القدرة المنتجة في الدائرة كلها تساوي القدرة المستهلكة:

المستهلكةPW = المنتجةPW

ΣPW_R(داخلية وخارجية) + ΣPW_B(مستهلكة) ← → ΣPW_B (منتجة)

يستخدم تيار الفرع مع المقاومة أو البطارية في نفس الفرع

نعوض عن مقدار التيار فقط (لا نضع تياراً بالسالب في المعادلات)

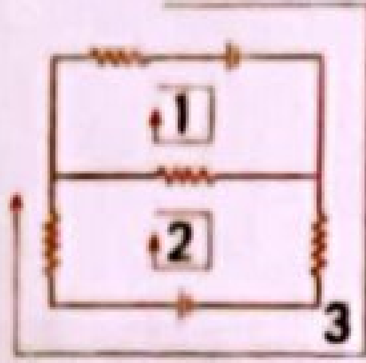


ملاحظـــات

يمكن تصور أهمية (دور) المعادلات كالتالي:

- **معادلات كيرشوف الثاني** تحتوي على جميع المعلومات (العناصر) في الدائرة.
- **معادلات كيرشوف الأول** تقوم بربط هذه المعادلات (معادلات كيرشوف الثاني) ببعضها.

لذلك فإن أقصى عدد لمعادلات كيرشوف الثاني يساوي عدد الـloops المستقلة في الدائرة؛ لأن أي معادله أخرى لن تعطي معلومات جديدة عن الدائرة (تكون مماثله لأحد المعادلتين أو تكون محصلة جمعهم أو طرحهم).



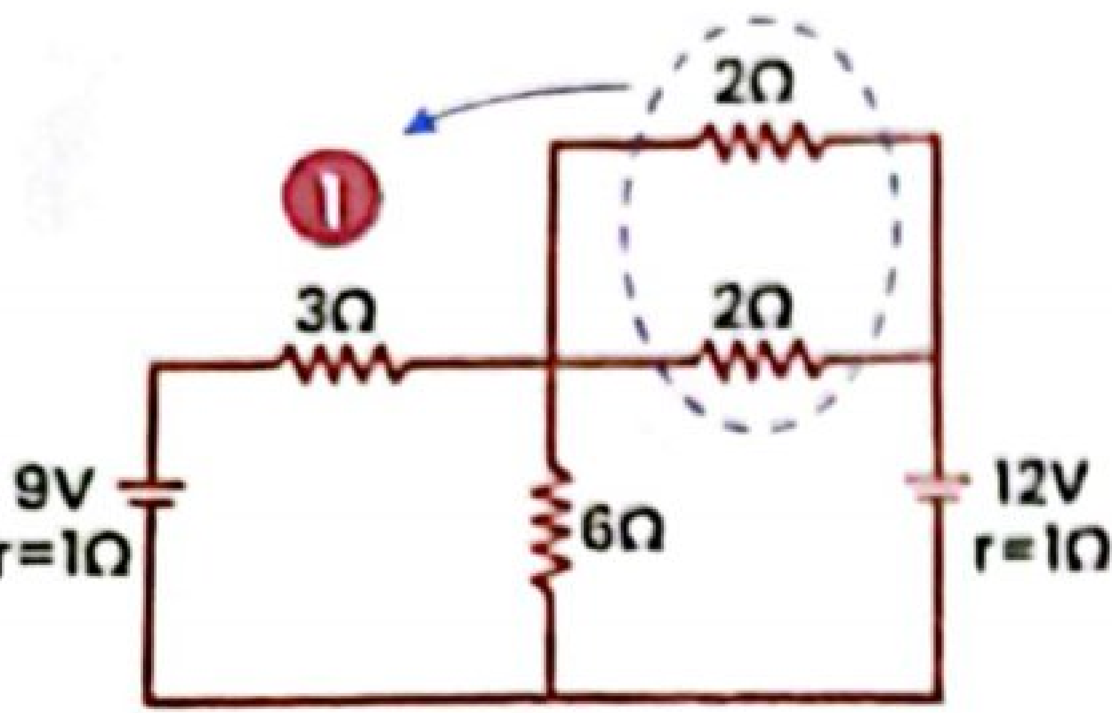
مثال: **في الدائرة المقابلة عدد معادلات كيرشوف الثاني هو معادلتين (عدد الـloops المستقلة هو اثنين)؛ فإذا قمنا باستخدام المعادلتين في ال Loops 1 , 3 فلا نسخدم معادلة Loop 2 أيضاً لأنها لن تضيف أي معلومات جديدة، وكذلك الأمر إذا استخدمنا المعادلتين في ال Loops 1 , 2 فلا نستخدم معادلة Loop 3 لأنها لن تضيف أي معلومات جديدة.**

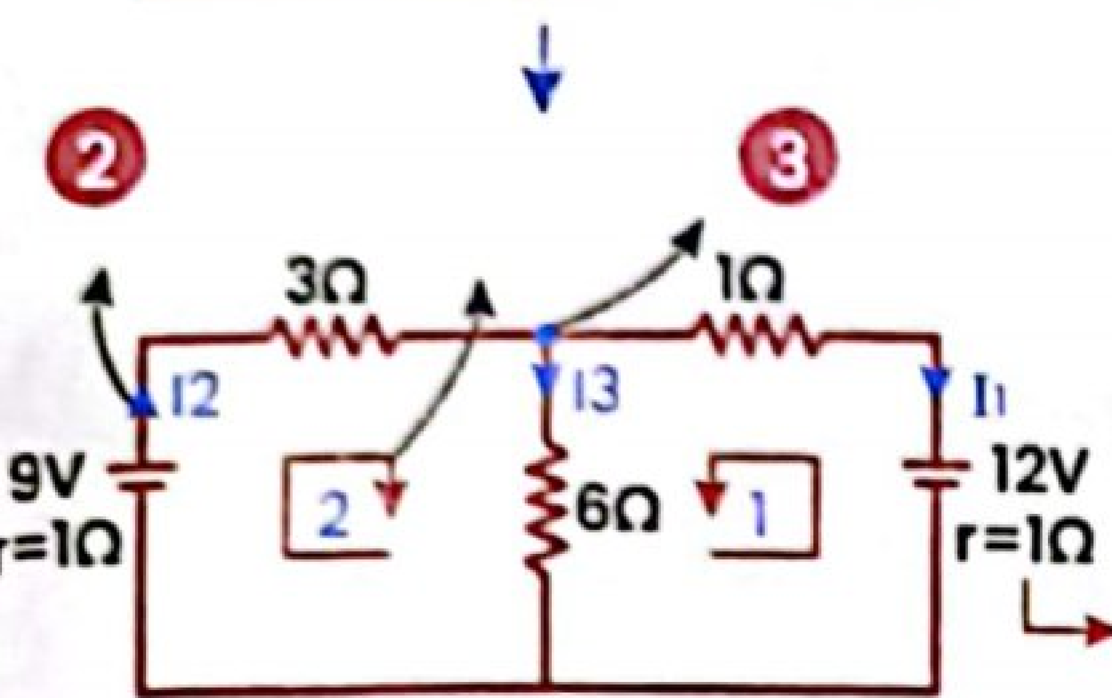
- لا يوجد فرق في تحديد اتجاه الدوران عند حل مسائل كيرشوف؛ ولذلك لأنه عند عكس اتجاه الدوران فكأننا ضربنا طرفي المعادلة في (-) فلا يحدث أي تغيير:

مع عقارب الساعة (مثلاً)	←	عكس عقارب الساعة
Loop (1):		Loop (1):
$- I_1R_1 - I_1r_1 - I_3R_3 = - V_{B1}$		$I_1R_1 + I_1r_1 + I_3R_3 = V_{B1}$

- عدد المعادلات يساوي عدد المجاهيل؛ ولذلك فإن أقصى عدد من المجاهيل يسهل إيجاده هو ثلاثة مجاهيل، بينما إزاد زاد عدد المجاهيل عن ذلك فإن عدد المعادلات يزيد عن ثلاثة معادلات مما يجعله صعباً التعامل معه جبرياً (كما لا يمكن حله باستخدام معظم الآلات الحاسبة).

في الدائرة المبينه بالشكل أحسب مقدار I_3 المار في المقاومة 6Ω





تعامل المقاومة الداخلية كأي مقاومة في الفرع

(4) $I_2 = I_1 + I_3 \rightarrow I_1 - I_2 + I_3 = 0$ ---(1)

(5)

Loop (1): $-(1 \times I_1) - (1 \times I_1) + (6 \times I_3) = 12$ ← عكس اتجاه الـLoop

$\rightarrow -2I_1 + 0 + 6I_3 = 12$ ---(2) ← لعدم وجود I2 في المعادلة

Loop (2): $0 + 4I_2 + 6I_3 = 9$ ---(3) ← نجمع مقاومات الفرع أولاً لاختصار الحل

أي أن فرق الجهد على الفرع مساوي للصفر

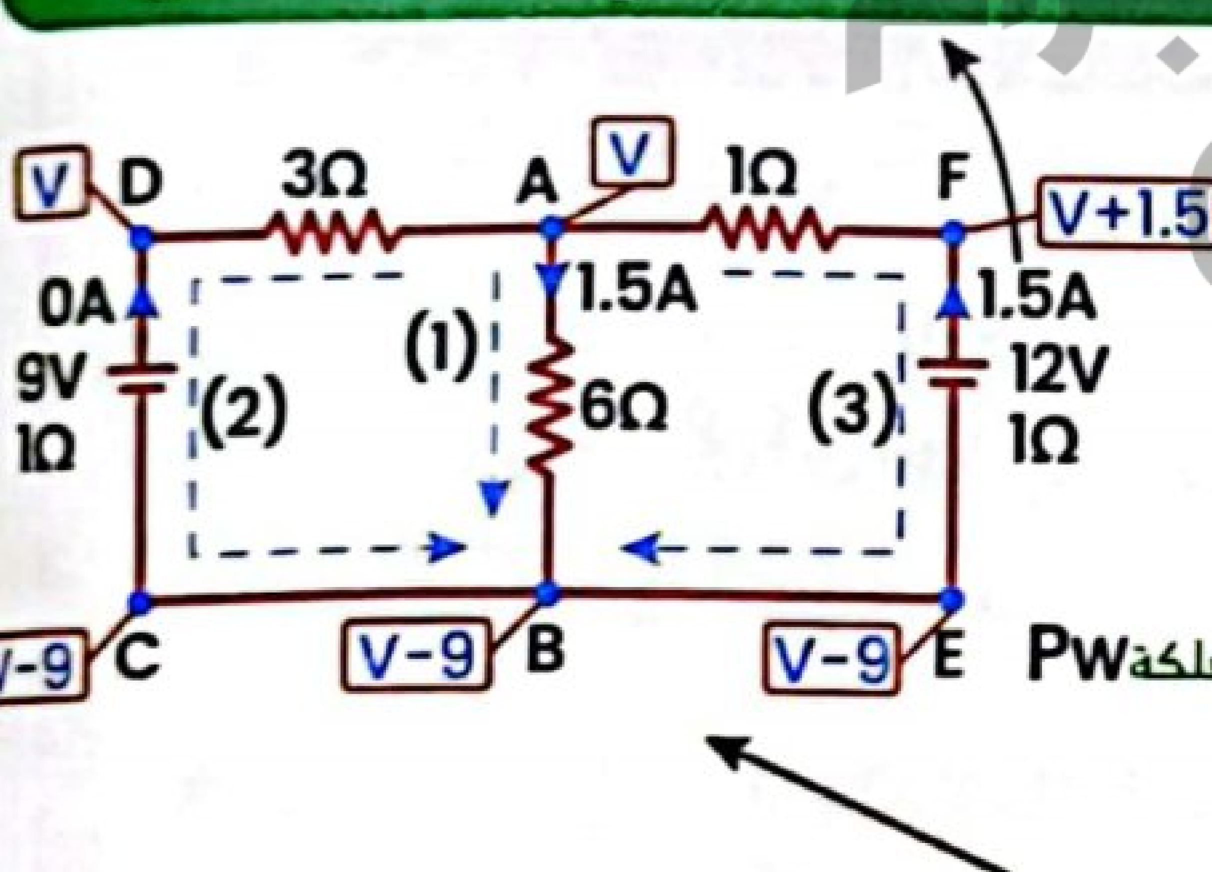
(6) $I_1 = -1.5A$, $I_2 = 0$, $I_3 = 1.5A$

الاتجاه على الرسم

(7) عكس الاتجاه الصحيح

لاحظ مراعاة ترتيب المعادلات

البطارية 12V منتجة لأن اتجاه التيار الحقيقي عكس المفروض؛ أي في نفس اتجاه البطارية



القدرة المنتجة

$Pw_{المنتجة} = Pw(12V) + Pw(9V)$
$= (12 \times 1.5) + (9 \times 0) = 18W$

القدرة المستهلكة

محصلة مقاومات الفرع الأيسر؛ لأن التيار المار بهم متساوي

$Pw_{المستهلكة} = Pw(R_{أيسر}) + Pw(R_{أوسط}) + Pw(R_{أيمن})$
$= ((1.5)^2 \times 2) + ((0)^2 \times 4)$
$+ ((1.5)^2 \times 6) = 18W$

$\therefore Pw_{المنتجة} = Pw_{المستهلكة}$

● باستخدام فرق الجهد بين النقطتين A , B (باستخدام المسار (1) والتأكد بأي من المسارين (2) , (3):

المسار (2)

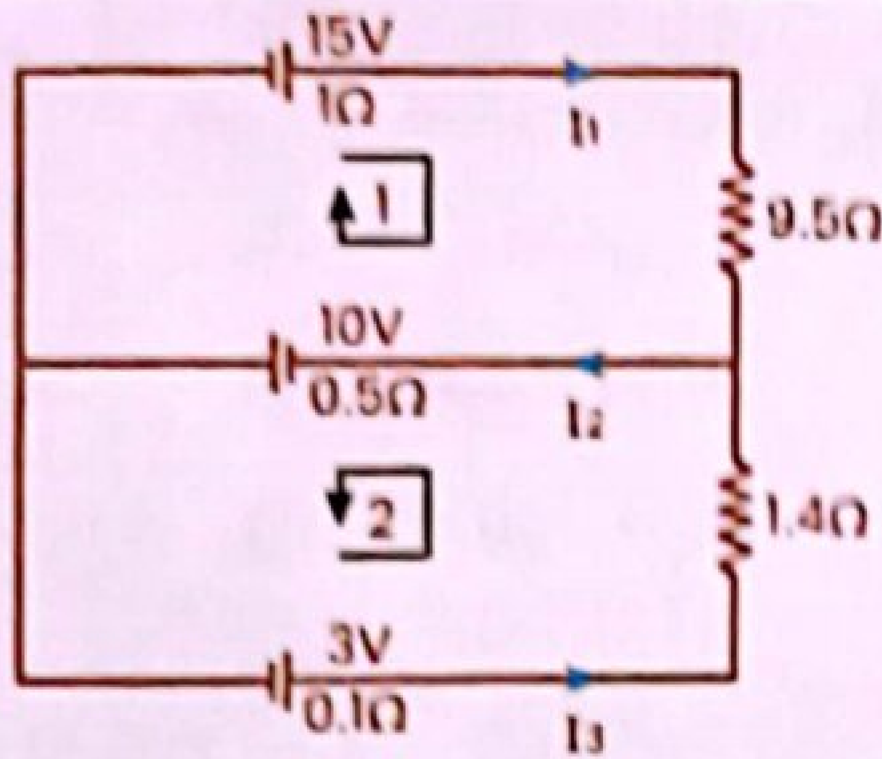
$V_A = V \rightarrow V_B = V - 9 + (0 \times 4) = V - 9$
$V_{AB} = V_A - V_B = V - (V - 9) = 9V$

المسار (1)

$V_A = V \rightarrow V_B = V - (1.5 \times 6) = V - 9$
$V_{AB} = V_A - V_B = V - (V - 9) = 9V$

مثال

في الدائرة الموضحة بالشكل احسب قيم شدة التيارات I_1 , I_2 , I_3



لاحظ أن التيارات مفروضة على الرسم في السؤال؛ لذلك نقوم بفرض اتجاهات الLoops فقط

$I_1 - I_2 + I_3 = 0$ ---(1)

Loop (1): $10.5I_1 + 0.5I_2 + 0 = 25$ ---(2)

Loop (2): $0 + 0.5I_2 + 1.5I_3 = 13$ ---(3)

$\rightarrow$ $I_1 = 2A$, $I_2 = 8A$, $I_3 = 6A$

لاحظ!!

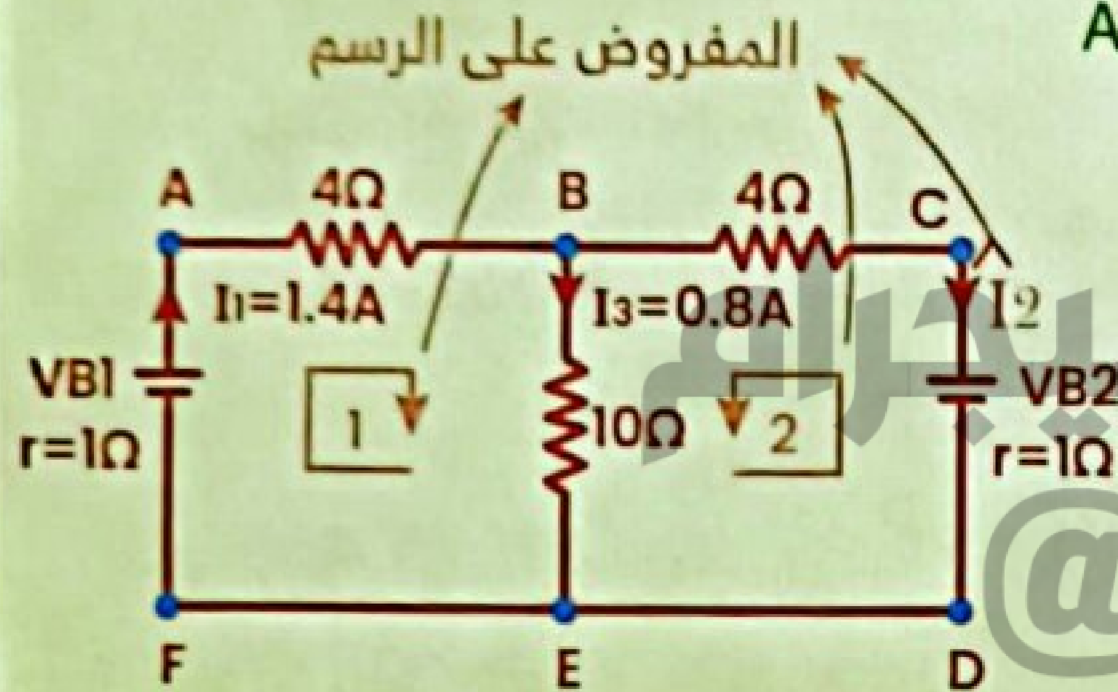
ليس دائماً المجهول هو التيار؛ فقد يكون أحد المجاهيل أو كلهم بطاريات أو مقاومات ولكن لا يؤثر هذا على خطوات الحل

مثال

في الدائرة الموضحة بالشكل باستخدام قانوني كيرشوف احسب كل من:

1- VB2 , VB1

2- فرق الجهد بين A,B



$I_1 - I_2 - I_3 = 0$ $\rightarrow$ $1.4 - I_2 - 0.8 = 0$

$\rightarrow$ $I_2 = 0.6A$

Loop (1): $(1.4\times5) + 0 + (0.8\times10) = VB1$

$\rightarrow$ $VB1 = 15V$

Loop (2): $0 + (-0.6\times5) + (0.8\times10) = VB2$

$\rightarrow$ $VB2 = 5V$

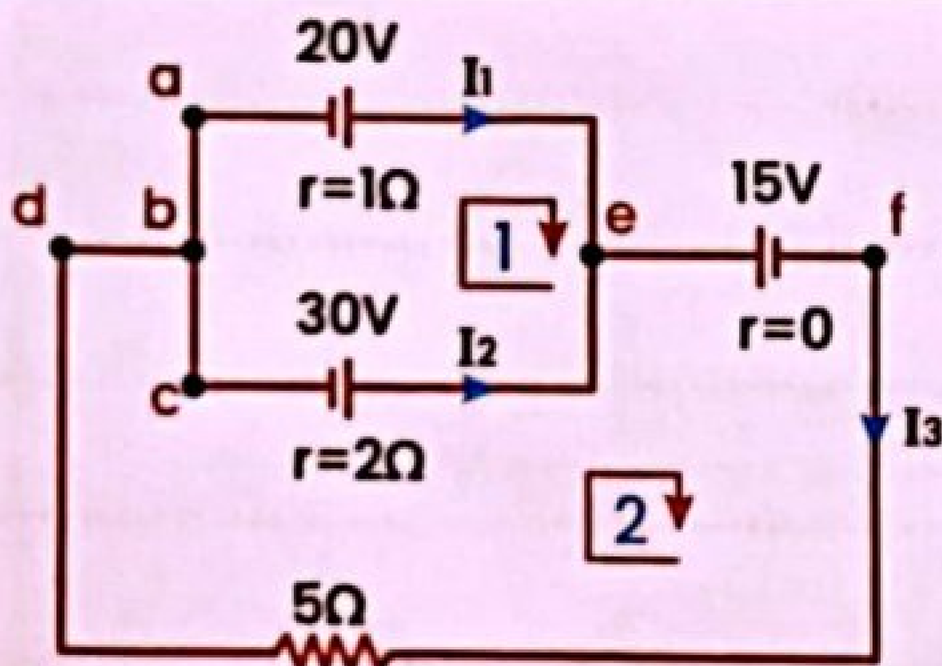
مثال

في الدائرة الموضحة بالشكل احسب كل من:

1- شدة التيار المار في كل بطارية.

2- فرق الجهد بين قطبي كل بطارية.

3- فرق الجهد عبر المقاومة 5 أوم.



At (e): $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ ---(1)

Loop (1-aecba): $I_1 - 2I_2 + 0 = -10$ ---(2)

Loop (2-bcefdb): $0 + 2I_2 + 5I_3 = 15$ ---(3)

$\rightarrow$ $I_1 = -\frac{40}{17}A$, $I_2 = \frac{65}{17}A$, $I_3 = \frac{25}{17}A$

(امتحان مصر ٢٠٢١) اختر

في هذه الدائرة يمكن تطبيق قانون كيرشوف الثاني على المسار (adcba) كما يلي

① $2I_1+I_2+4=0$ ② $2I_1-I_2+4=0$

③ $2I_1-I_2-20=0$ ④ $3I_1-I_3-4=0$

الحل $\Sigma V_B = \Sigma IR$

من كيرشوف الأول $I_1+I_2=I_3 \quad \therefore I_2=I_3-I_1$

$12-8=2I_1-I_2, \; 4=2I_1-I_2$

$\boxed{2I_1-I_2-4=0} \longrightarrow$ ①

بالتعويض في المعادلة ①

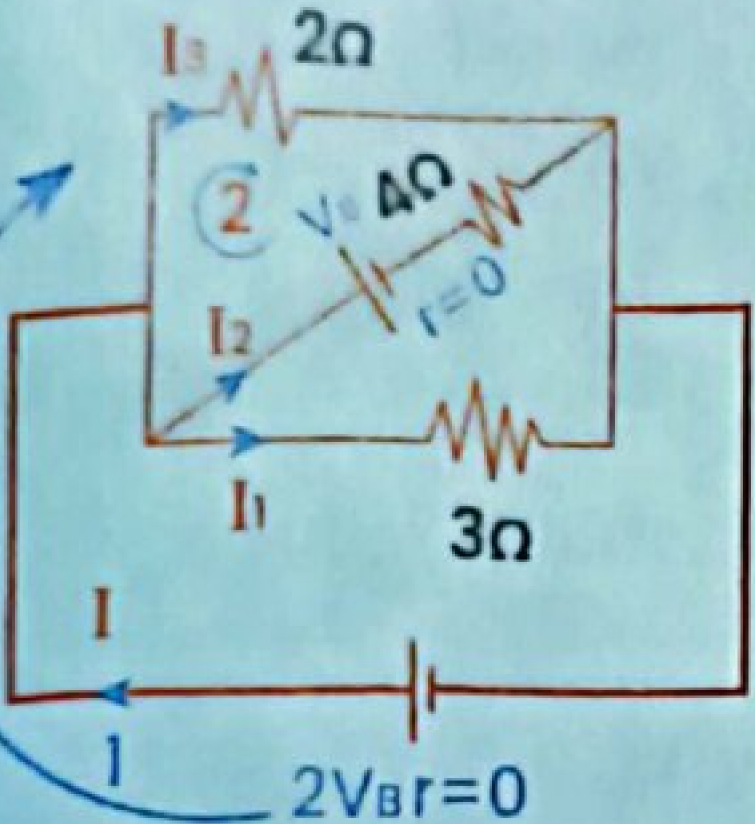
$2I_1-I_3+I_1-4=0$

$3I_1-I_3-4=0$

∴ الاختيار الصحيح هو ④

(امتحان مصر ٢٠٢٣) اختر

أوجد النسبة بين $\frac{I_3}{I_2}$



طريقة الحل

- بإستخدام loop1 خارجي

$2V_B = 2I_3 \longrightarrow I_3 = V_B$

- بإستخدام loop2

$V_B = 2I_3 - 4I_2$

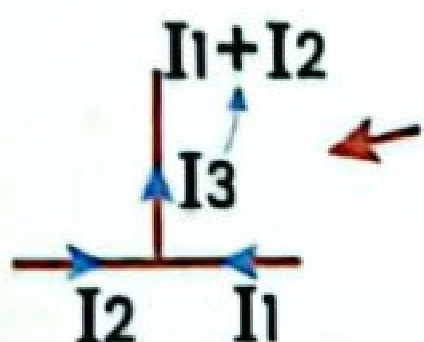
بالتعويض عن I_3

$V_B = 2V_B - 4I_2 \longrightarrow 4I_2 = V_B$

$I_2 = \frac{V_B}{4}$

$\frac{I_3}{I_2} = \frac{V_B}{\frac{V_B}{4}} = \frac{4}{1}$

- **تأكد أولاً من الدائرة في أبسط صورة لها؛** يمكن لبعض الدوائر أن تختصر من 3-Loops إلى 2-Loops مما يجعل حلها أسهل.
- **لتقليل عدد المجاهيل على الرسم (وبالتالي عدد المعادلات) إلى 3 معادلات فقط (يمكن حلها باستخدام الآلة)** نقوم بحرق معادلة كيرشوف الأول على الرسم والحل باستخدام معادلات كيرشوف الثاني (3 معادلات) **كالتالي:**
  - إذا احتوت نقطة تقاطع للتيار على 3 مجاهيل (ولكن I_1, I_2, I_3)؛ نقوم بالتعويض عن أحدهم بدلالة المجهولين
  - الآخرين باستخدام قانون كيرشوف الأول (نعوض عن I_3 بـ $I_1 + I_2$ مثلاً).
  - نقوم بكتابة باقي تيارات الأفرع بنفس الطريقة؛ وذلك حتى نقلل عدد المجاهيل على الرسم إلى 3 مجاهيل فقط.
  - نقوم بكتابة معادلات كيروشوف الثاني (3 معادلات - 3 مجاهيل) ثم نقوم بإيجاد الحل.
  - لإيجاد قيمة التيار I_3 نقوم بالتعويض في المعادلة: $I_3 = I_2 + I_1$



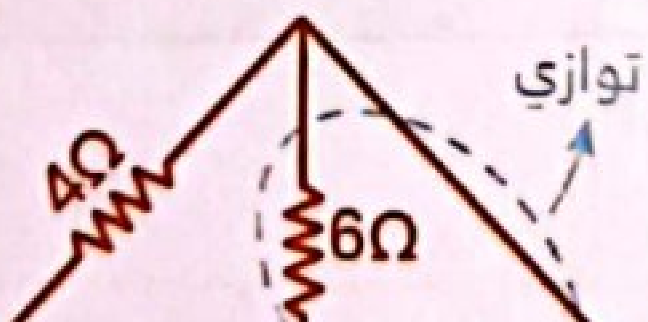
إذا استخدمنا نفس طريقة حل الـLoops-2 سوف نحتاج إلى 4 معادلات (معادلة من كيرشوف الأول و3 معادلات من كيرشوف الثاني) مما يجعل الحل أصعب؛ ولتبسيط الحل نستخدم الخطوات الآتية أولاً

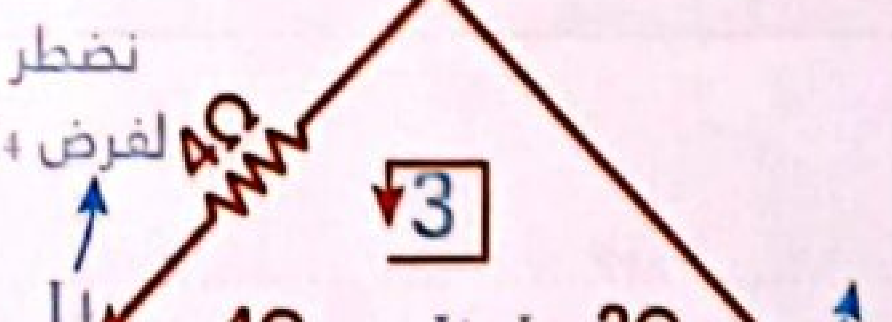
مثال

في الدائرة الموضحة بالشكل احسب قيم شدة التيارات I_1 , I_2 , I_3

ليس دائماً المجهول هو التيار؛ فقد يكون أحد المجاهيل أو كلهم بطاريات أو مقاومات ولكن لا يؤثر هذا على خطوات الحل

نحذف أحد المقاومتين من الرسم، والمقاومة الأخرى تصبح محصلتهم





مثـــال

Loop (1): $3I_1 + 5(I_1+I_2) + 2(I_1+I_4) = 15 \rightarrow 10I_1 + 5I_2 + 2I_4 = 15$ ---(1)

Loop (2): $5(I_1+I_2) - 4(I_4-I_2) + I_2 = 5 \rightarrow 5I_1 + 10I_2 - 4I_4 = 5$ ---(2)

Loop (3): $2I_1 - 4I_2 + 10I_4 = 0$ ---(3) →

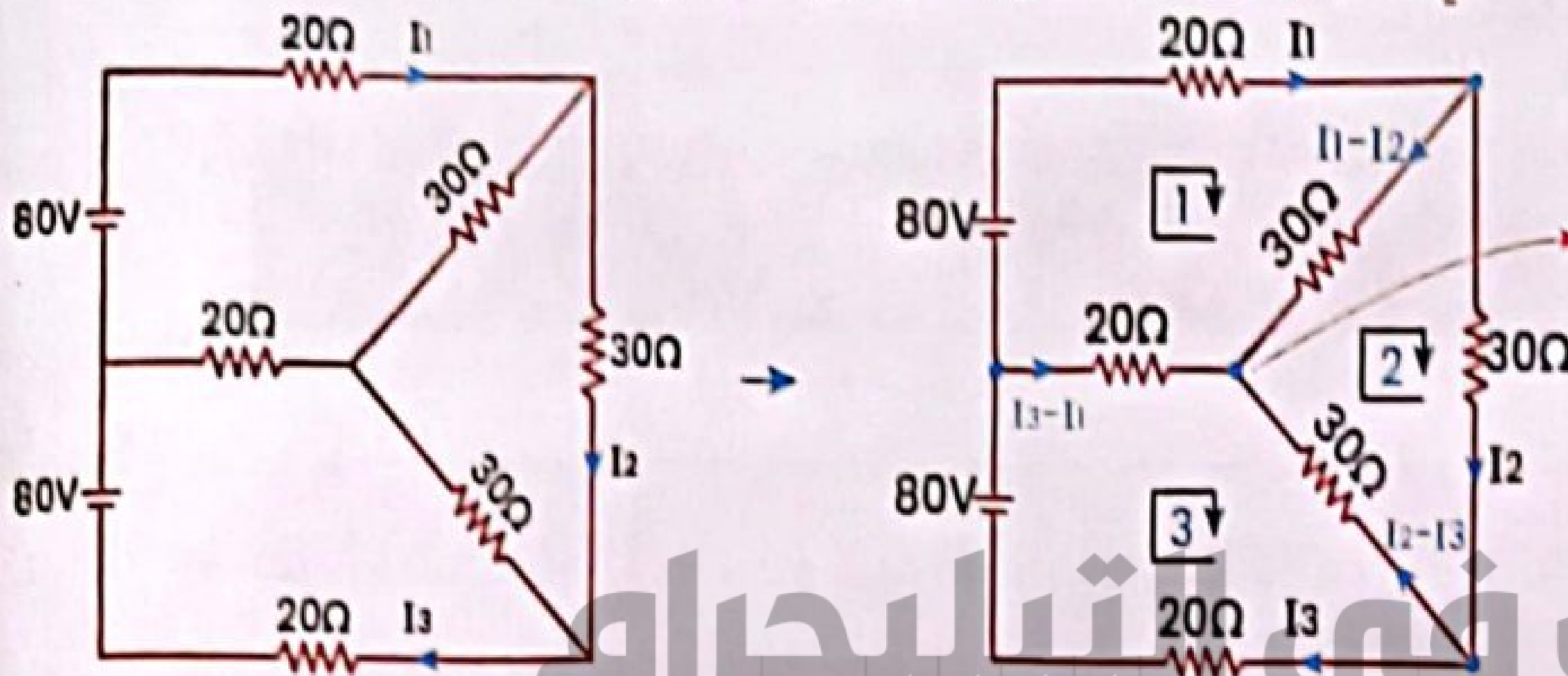
⚠ لاختصار الحل نقوم بتجميع كل تيار في الـLoop على حدى أولاً

$\rightarrow I_1 = \frac{97}{47} = 2.064A \ , \ I_2 = -\frac{39}{47} = -0.83A \ , \ I_4 = -\frac{35}{47} = -0.745A$

$\rightarrow I_3 = I_1 + I_2 = \frac{58}{47} = 1.234A$

مثـــال

في الدائرة الموضحة بالشكل احسب قيم شدة التيارات I_1 , I_2 , I_3



للتأكد من توزيع التيارات

3

Loop (1): $70I_1 - 30I_2 - 20I_3 = 80$ ---(1)

Loop (2): $-30I_1 + 90I_2 - 30I_3 = 0$ ---(2) $\rightarrow I_1 = \frac{8}{3}$ A , $I_2 = \frac{16}{9}$ A , $I_3 = \frac{8}{3}$ A

Loop (3): $-20I_1 - 30I_2 + 70I_3 = 80$ ---(3)

إيجاد جهد نقطة

- عملياً لا نستطيع معرفة جهد نقطة في دائرة كهربية؛ ولكن نستطيع معرفة فرق الجهد بين أي نقطتين في الدائرة.
- بإفتراض أننا نستطيع معرفة جهد أي نقطة في الدائرة، وبمعلومية فرق الجهد بينها وبين أي نقطة ثانية؛ فإننا نستطيع معرفة جهد أي نقطة أخرى في الدائرة.
- أصطلح العلماء على أن تكون

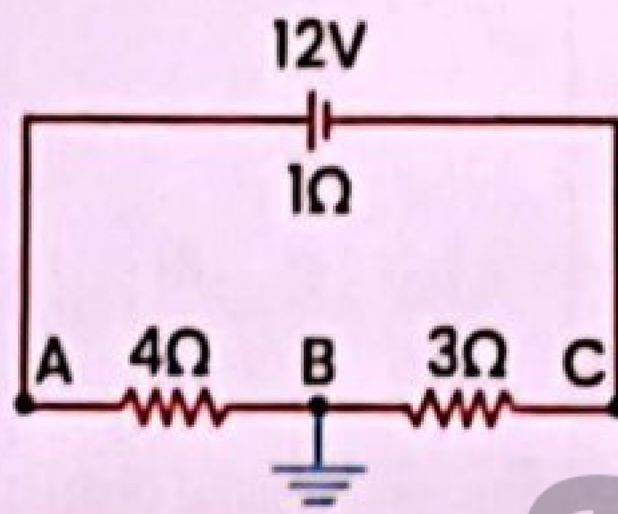
الأرض هي المرجع في تحديد جهد أي نقطة في دائرة وأن يكون جهدها مساوي لـ 0V

حيث أن جهدها يظل ثابت نظراً لكبر حجمها وكتلتها.

لاحظ .رمز الأرض في الدوائر الكهربية ←

مثال

احسب جهد كل من النقاط A , B , C في الدائرة المقابلة.



$$I = \frac{V_B}{R_{out} + r_{in}} = \frac{12}{7+1} = 1.5A$$

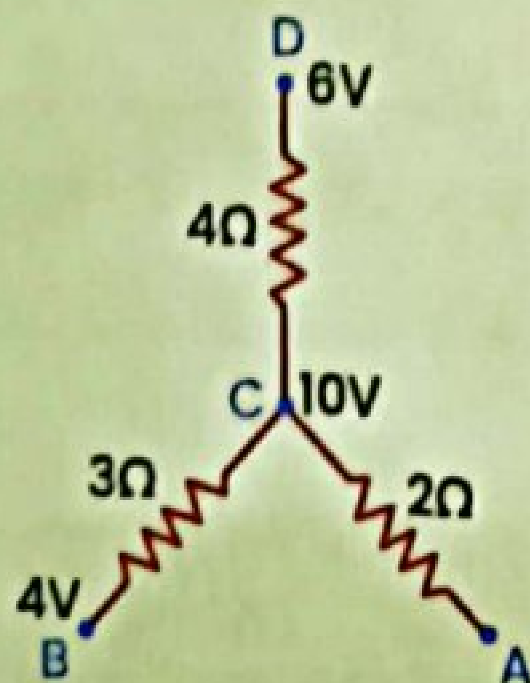
$$V(AB) = V_A - V_B = IR = 1.5 \times 4 = 6V$$

$V_B = 0$ (لأنها متصلة بالأرض) $\therefore V_A = 6V$

$$V(BC) = V_B - V_C = IR = 1.5 \times 3 = 4.5V \quad \therefore V_C = -4.5V$$

مثال

احسب جهد A إذا علمت أن جهد كل من D,C,B هو 6V,10V,4V على الترتيب.



$I_{CD} = \frac{V_{CD}}{R_{CD}} = \frac{V_C - V_D}{R_{CD}} = \frac{10-6}{4} = 1A$ (لأعلى)

$I_{CB} = \frac{V_{CB}}{R_{CB}} = \frac{V_C - V_B}{R_{CB}} = \frac{10-4}{3} = 2A$ (لأسفل)

$I_{AC} = I_{CD} + I_{CB} = 3A$ (لأعلى)

$$I_{AC} = \frac{V_A - V_C}{R_{AC}} \rightarrow 3 = \frac{V_A - 10}{2} \rightarrow V_A = 16V$$

إيجاد فرق الجهد بين نقطتين

- توجد أكثر من طريقة لإيجاد فرق الجهد بين نقطتين؛ ولكن الأهم أن تحافظ على طريقة واحدة للحل لكي لا يختلط عليك أكثر من طريقة للحل.

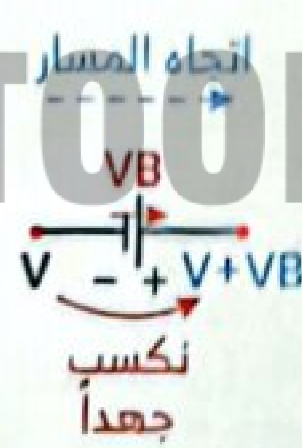
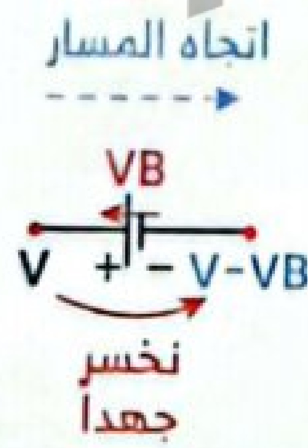
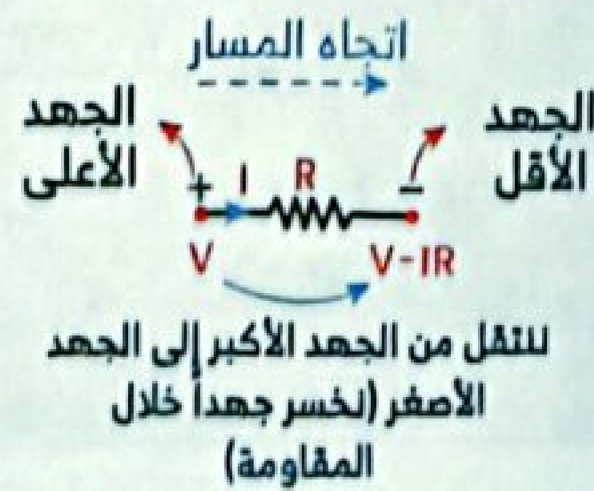
- الحل باستخدام جهود النقاط ($V_{AB} = V_A - V_B$)

نفرض جهد النقطة الأولى بـ V (قيمة غير معلومة).

نحدد مسار من النقطة الأولى إلى النقطة الثانية.

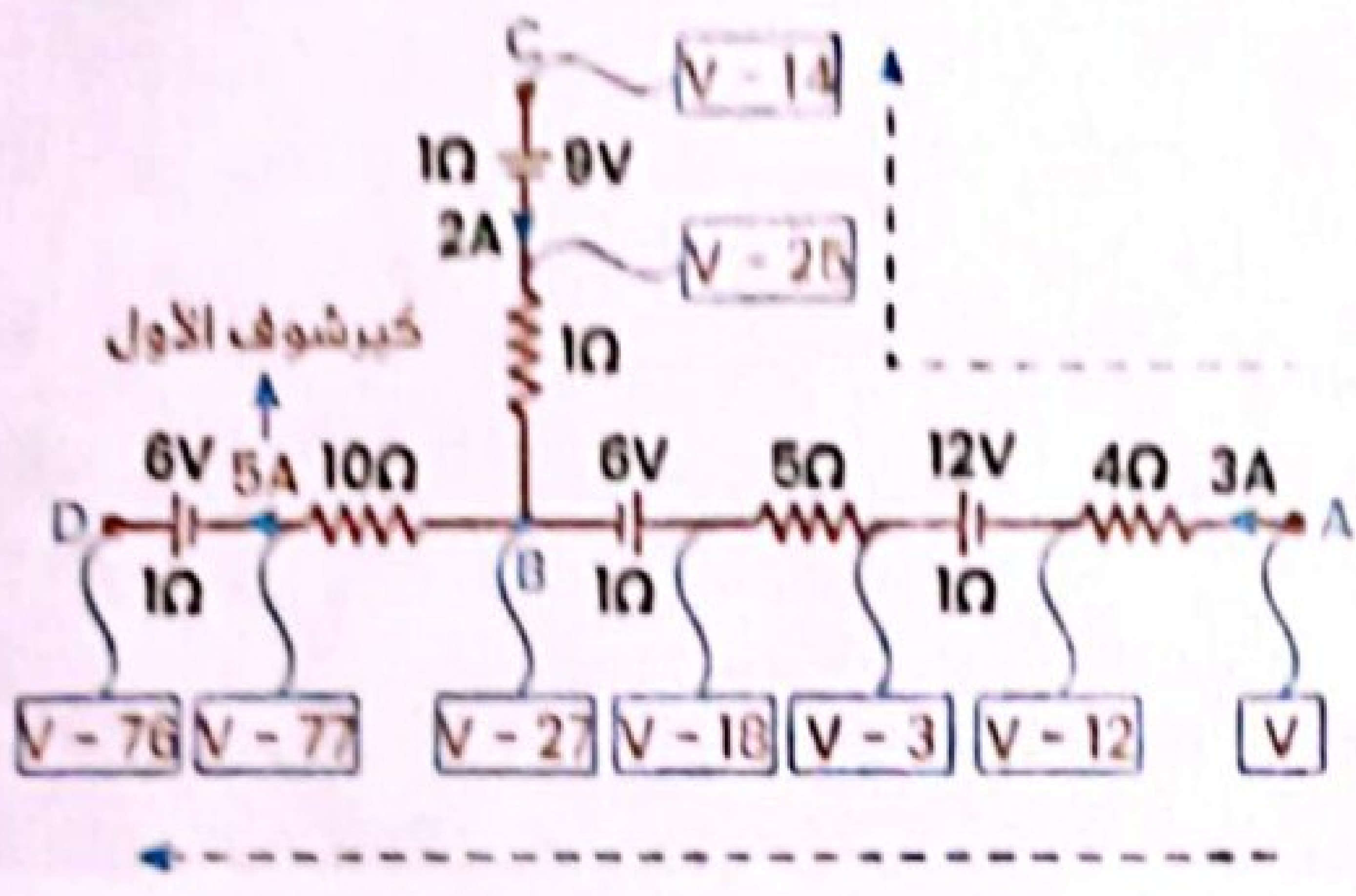
⚠ لاحظ .في جميع المسائل: $V_{AB}=V_A-V_B$

يتغير الجهد أثناء المرور من النقطة الأولى إلى النقطة الثانية كالتالي:

	في نفس الاتجاه	في عكس الاتجاه
المرور على بطارية نقارن اتجاه المسار مع اتجاه البطارية		
	اتجاه دفع البطارية (ق.د.ك داخل البطارية) من القطب السالب إلى القطب الموجب داخلها ⚠ خطأ مشهور أن نتابع اتجاه التيار المار في البطارية بدلاً من اتجاه دفع البطارية	
المرور على تيار في مقاومة (سواء خارجية او داخلية) نقارن اتجاه المسار مع اتجاه التيار في المقاومة	لتنقل من الجهد الأكبر إلى الجهد الأصغر (نخسر جهداً خلال المقاومة)	لأن اتجاه التيار قد عُكس لرجع من الجهد الأصغر إلى الجهد الأكبر (نستعيد ما فقدناه خلال المقاومة)
	⚠ يمر التيار خلال المقاومة من الجهد الأعلى إلى الجهد الأقل.	

- الشكل التالي يمثل جزءا من دائرة كهربائية، أوجد:

1) $V_A - V_B$ 2) $V_C - V_B$ 3) $V_D - V_A$



- نفرض أن الجهد عند النقطة A يساوي V :

الفرع الأول (AB):

- الجهد عند A هو (V)، خسرنا في المقاومة 4Ω ← 12 فولت فيكون الجهد بعدها (V - 12)، ثم كسبنا في البطارية التي تليها 12 فولت، وخسرنا في مقاومتها الداخلية 3 فولت فيكون الجهد بعد البطارية (3 - V).

- ثم خسرنا في المقاومة 5Ω ← 15 فولت فيكون الجهد بعد المقاومة (V - 18)،

ثم خسرنا في البطارية التي تليها 6 فولت وفي مقاومتها الداخلية 3 فولت فيكون الجهد عند B هو (V - 27).

$$1)\ V_A - V_B = V - (V - 27) = +27V$$

لاحظ أن اتجاه المسار هنا عكس اتجاه التيار

- الفرع الثاني (BC):

- الجهد عند B هو (V - 27)، كسبنا في المقاومة 1Ω ← 2 فولت فيكون الجهد قبلها (V - 25).

- البطارية كسبنا فيها 9 فولت وكسبنا في مقاومتها الداخلية 2 فولت إذن الجهد قبلها أي عند C هو (V - 14).

$$2)\ V_C - V_B = (V - 14) - (V - 27) = +13V$$

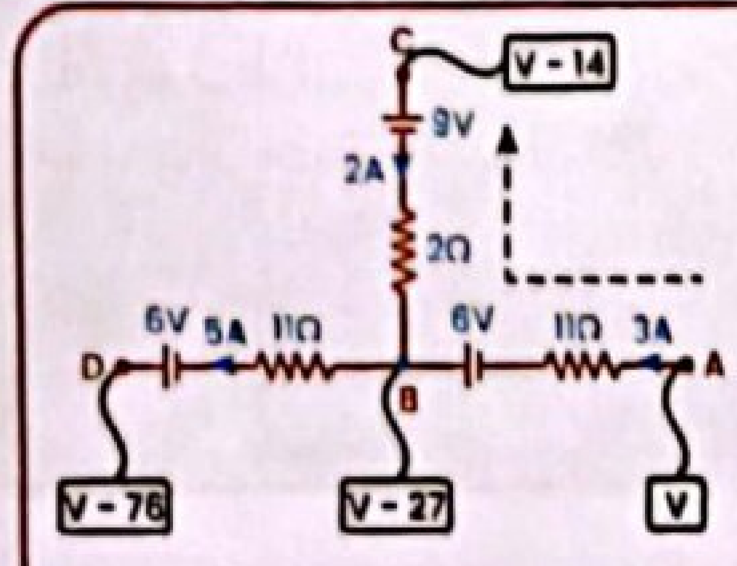
- الفرع الثالث (BD):

- الجهد عند B هو (V - 27)، خسرنا في المقاومة 10Ω ← 50 فولت فيكون الجهد بعدها (V - 77).

- ثم كسبنا من البطارية التي تليها 6 فولت، وخسرنا في مقاومتها الداخلية 5 فولت فيكون الجهد عند D هو (V - 76).

$$3)\ V_D - V_A = (V - 76) - V = -76V$$

لاختصار الحل؛ يمكن تبسيط كل فرع إلى بطارية واحدة ومقاومة (تشمل مقاومات الفرع وكذلك المقاومات الداخلية للبطاريات في الفرع) كالتالي:

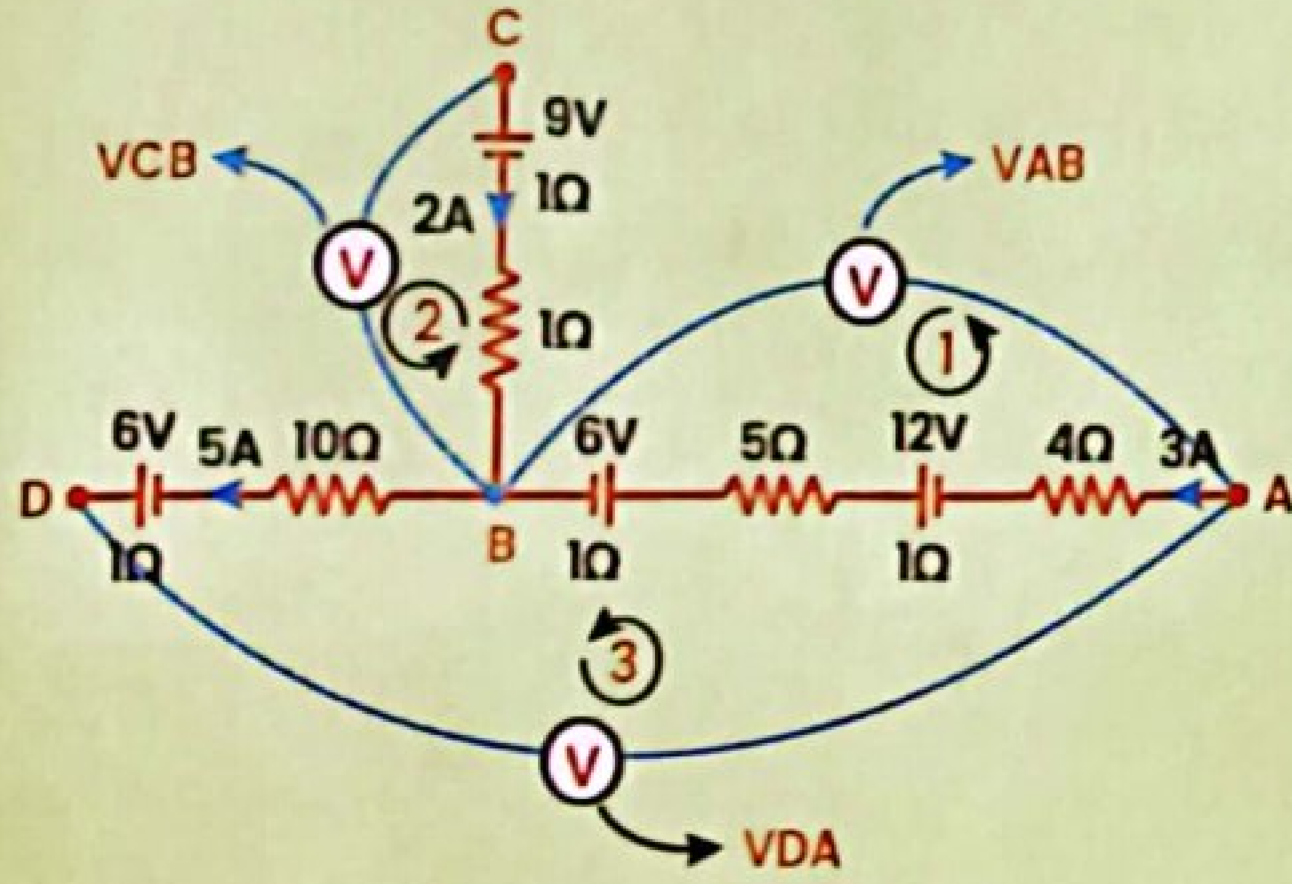


مثـــال (٣)

الشكل التالي يمثل جزءاً من دائرة كهربية، أوجد:

1) $V_A - V_B$ 2) $V_C - V_B$ 3) $V_D - V_A$

من الأفضل جعل اتجاه الدوران بحيث يعطي القراءة المطلوبة مباشرة

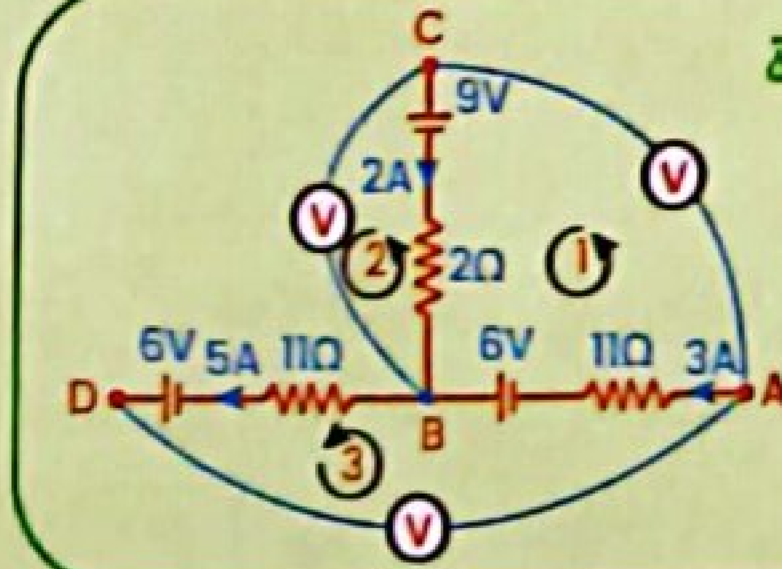


Loop(1): $V_{AB} - (3\times4) - (3\times1) - (3\times5) - (3\times1) = 6 - 12 \rightarrow V_{AB} = 27V$

Loop(2): $V_{CB} - (2\times1) - (2\times1) = 9 \rightarrow V_{CB} = 13V$

Loop(3): $V_{DA} + (3\times4) + (3\times1) + (3\times5) + (3\times1) + (5\times10) + (5\times1) = 12 - 6 + 6 \rightarrow V_{DA} = -76V$

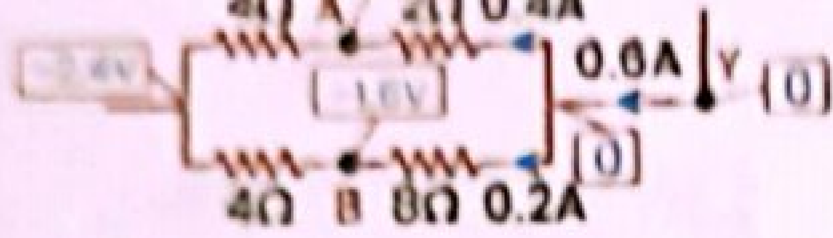
لاختصار الحل؛ يمكن تبسيط كل فرع إلى بطارية واحدة ومقاومة (تشمل مقاومات الفرع وكذلك المقاومات الداخلية للبطاريات في الفرع) كالتالي:



إن الله تعالى يدخل بحسن النية وصالح السريرة من يشاء من عباده الجنة

علي بن ابي طالب

محمد



- فرق الجهد بين A,B:

→ $V_A = 0 - (0.4 \times 2) = -0.8V$

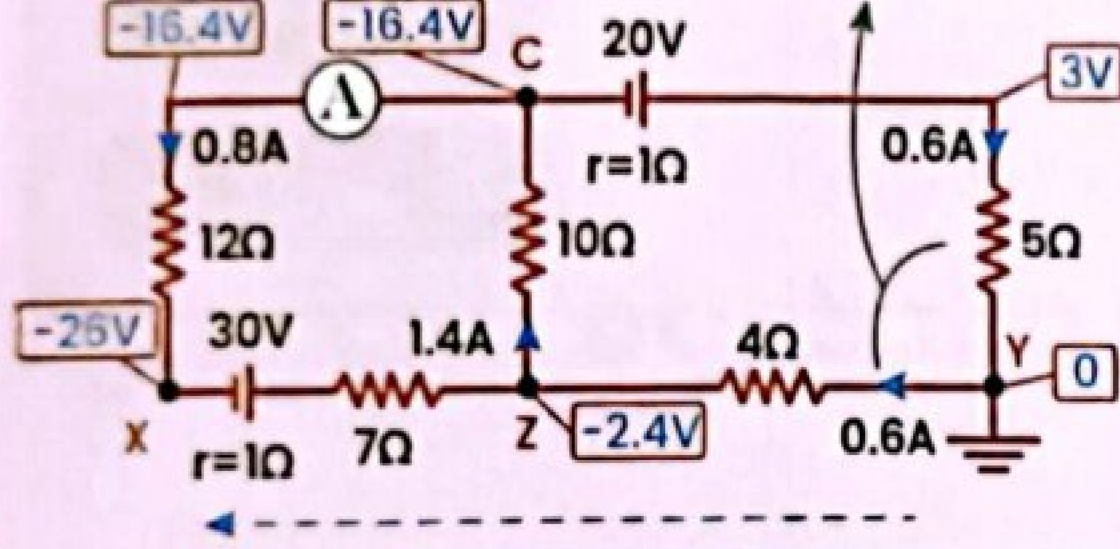
→ $V_B = 0 - (0.8 \times 2) = -1.6V$

→ $V_{AB} = V_A - V_B = -0.8 - (-1.6V) = 0.8V$

- جهد كل من X,Z:

→ $V_Z = 0 - (0.6 \times 4) = -2.4V$

→ $V_X = -2.4 - 30 + (0.8 \times 8) = -26V$



إيجاد المقاومة المكافئة باستخدام قانوني كيرشوف

- يُستخدم قانونا كيرشوف لإيجاد المقاومة المكافئة للدوائر الكهربية (التي لا يمكن إيجاد المقاومة المكافئة لها باستخدام التوالي والتوازي).

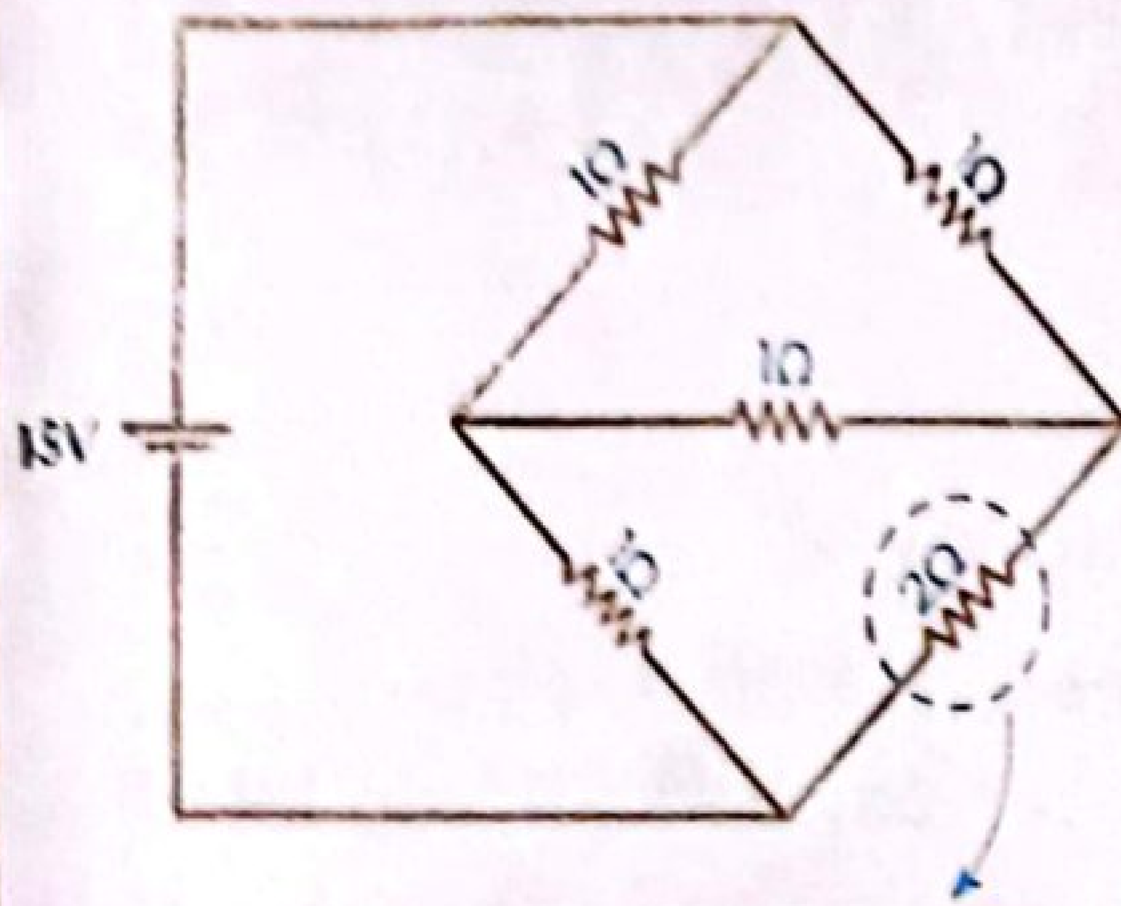
المبدأ في هذا بسيط؛ إذا علمنا فرق الجهد على مقاومة والتيار المار بها يمكننا معرفة قيمة المقاومة؛ كالتالي:

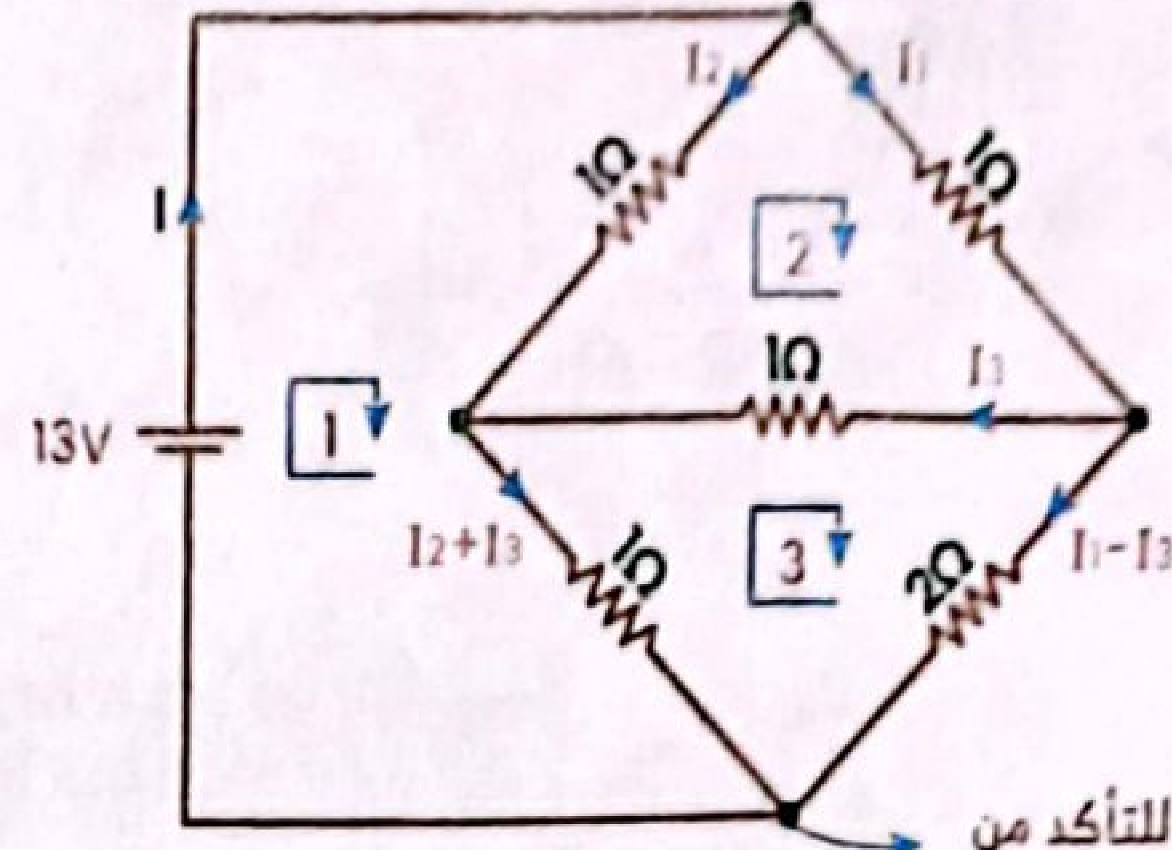
نقوم بتوصيل الدائرة ببطارية معلومة الجهد، وباستخدام قانوني كيرشوف يمكننا إيجاد التيار الكلي ومنه المقاومة المكافئة للدائرة: $R = \frac{V_B}{I_{كلي}}$

مثال

احسب المقاومة المكافئة للشكل المقابل باستخدام قانوني كيرشوف.

الدائرة عبارة عن 3-Loops





للتأكد من توزيع التيارات

ليست حالة اتزان؛ ولذلك لاختلاف النسبة بين المقاومتين في الطرف الأول عن نسبة المقاومتين في الطرف الثاني، فلا تلغى المقاومة في المنتصف

لاحظ أن: $I=I_1+I_2$

Loop (1): $0 + 2I_2 + I_3 = 13$ ---(1)

Loop (2): $I_1 - I_2 + I_3 = 0$ ---(2)

Loop (3): $2I_1 - I_2 - 4I_3 = 0$ ---(3)

$\rightarrow I_1 = 5A \; , \; I_2 = 6A \; , \; I_3 = 1A \rightarrow I = I_1 + I_2 = 11A$

$\therefore R = \frac{V_B}{I} = \frac{13}{11} = 1.182\ \Omega$

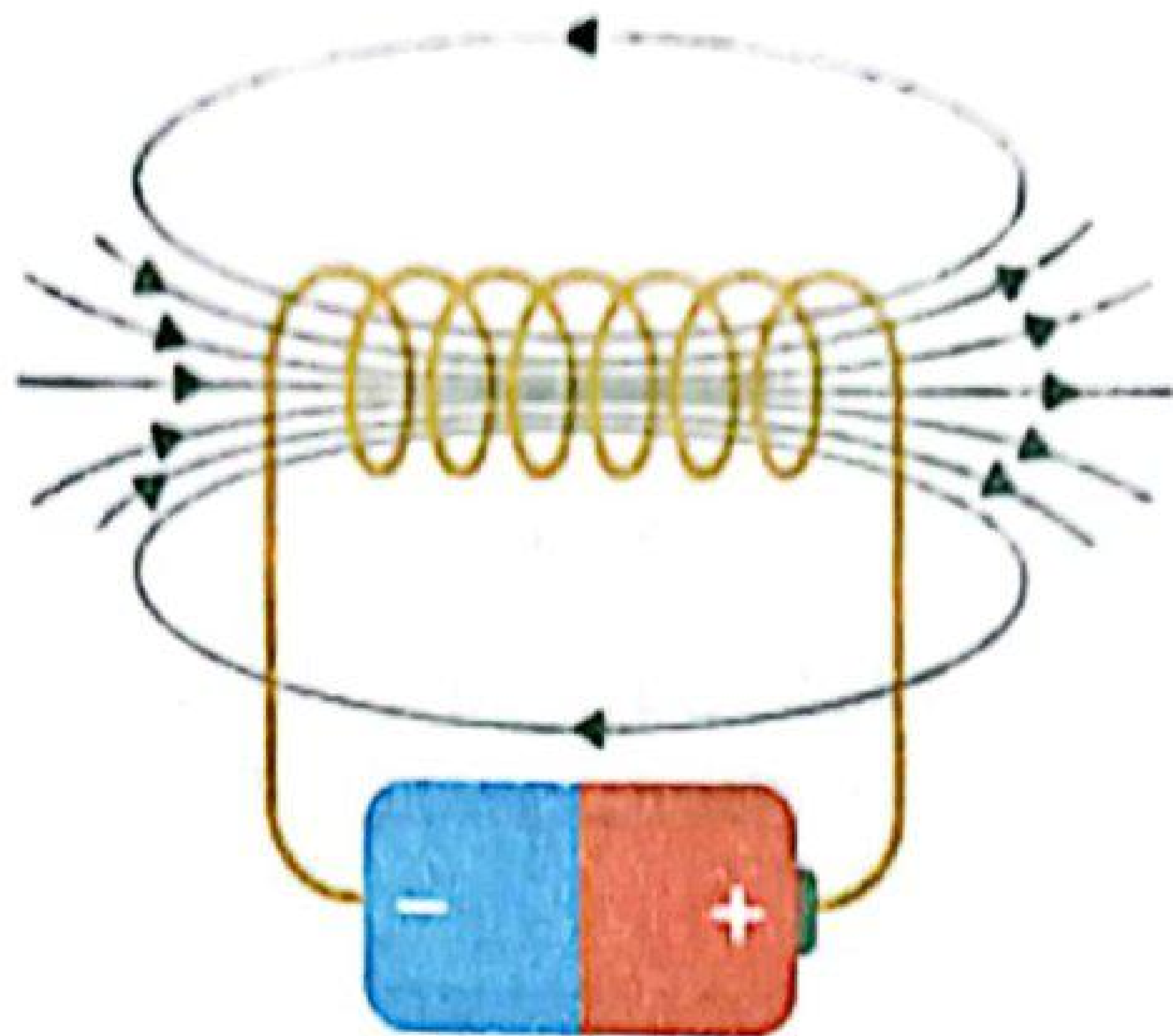
التأكد باستخدام القدرة (إيجاد القدرة المستنفذة في الدائرة كلها):

القدرة المنتجة

$P_{W\text{المنتجة}} = (13\times11) = 143W$

القدرة المستهلكة

$P_{W\text{المستهلكة}} = ((5)^2\times1) + ((6)^2\times1) + ((1)^2\times1) + ((5-1)^2\times2) + ((6+1)^2\times1)$
$= 143W$



الوحدة الأولى: الكهربية التيارية والكهرومغناطيسية

الفصل الثانى: التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى وأجهزة القياس الكهربى

المحاضرة الأولي

الفيض المغناطيسي والمجال المغناطيسي لسلك مستقيم

المقدمة

لدراسة المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار لا بد من التعرف على بعض المفاهيم والقوانين الأساسية في المغناطيسية

1. يتكون كل مغناطيس مهما كان حجمه من قطبين أحدهما شمالي N والآخر جنوبي S
2. عند تعليق مغناطيس تعليقًا حرًا من منتصفه في مجال الأرض:

- يتجه أحد القطبين ناحية الشمال الجغرافي ويسمى قطبًا شماليًا N
- يتجه القطب الآخر ناحية الجنوب الجغرافي ويسمى قطبًا جنوبيًا S

فكرة عمل البوصلة

لاحظ

الأقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر والأقطاب المغناطيسية المختلفة تتجاذب

3. لا يوجد في الطبيعة قطب مغناطيسي منفرد، فأي مغناطيس مهما صغر حجمه لا بد أن يكون له قطبان لذلك يسمى ثنائي القطب المغناطيسي
4. لكل مغناطيس منطقة محيطة به تسمى المجال المغناطيسي تظهر فيها آثار قوته المغناطيسية وهي ممتدة إلى ما لا نهاية في جميع الاتجاهات من الناحية النظرية أما عمليًا فهي تنعدم عند أبعاد معينة من المغناطيس ويستدل على حدود واتجاه المجال المغناطيسي باستخدام البوصلة
5. الكرة الأرضية لها مجال مغناطيسي حيث
يعتبر بداخلها مغناطيس كبير قطبة الشمالي في نصف الكرة الجنوبي وقطبه الجنوبي في نصف الكرة الشمالي
يتحلل مجال الأرض إلي مركبة أفقية (إتجاهها نحو الشمال)، وأخري رأسية (إتجاهها لأسفل في نصف الكرة الشمالي
ولأعلي في نصف الكرة الجنوبي).

6 يحتوي المجال المغناطيسي على عدد من الخطوط الوهمية تسمى خطوط الفيض أو خطوط القوى المغناطيسية وهذه الخطوط:

- تتجه من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي للمغناطيس خارج جسم المغناطيس، ومن القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي داخل جسم المغناطيس مكونه مسارات مغلقة.
- تتزاحم عند قطبي المغناطيس وتتباعد بالبُعد عن القطبين، ولا تتقاطع مع بعضها.
- اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة هو المماس لخط المجال عند تلك النقطة.
- يمكن تخطيطها عمليًا باستخدام بوصلة أو برادة حديد يتم نثرها على لوح من الزجاج موضوع فوق مغناطيس.

المجال المغناطيسي

المنطقة المحيطة بالمغناطيس من جميع الجهات وتظهر فيها آثار قواه المغناطيسية

عرف

الفيض المغناطيسي ϕ_m

العدد الكلي لخطوط الفيض المغناطيسي المحيطة بالمغناطيس

ويُقاس بالوبر، $Weber = 10^8$ lines

عرف

7 يمكن الاستفادة من خطوط الفيض المغناطيسي في دراسة توزيع القوة المغناطيسية عند كل نقطة في المجال فكلما زاد ازدحام خطوط الفيض عند نقطة معينة في المجال زادت كثافة الفيض المغناطيسي (شدة المجال المغناطيسي) عند هذه النقطة، والعكس صحيح.

كثافة الفيض عند نقطة تدل على قوة المجال المغناطيسي عند تلك النقطة

قانون كثافة الفيض المغناطيسي B خلال مساحة معينة

عرف

كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة B

-هي الفيض المغناطيسي المار عموديًا بوحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة

ووحدتها $Tesla = weber / m^2$

$$B = \frac{\phi_m}{A}$$

- ϕ_m: الفيض المغناطيسي (Weber)
- A: المساحة المعرضة للمجال (m^2)
- B: كثافة الفيض المغناطيسي (Tesla)

8 الفيض المغناطيسي ϕ_m في مساحة معينة = المركبة العمودية لكثافة الفيض المغناطيسي × المساحة المعرضة للمجال

قانون الفيض المغناطيسي ϕ_m خلال مساحة معينة

ووحدتها $Weber = Tesla.m^2$

$$\phi_m = BA\sin(\theta)$$

θ هي الزاوية المحصورة بين خطوط الفيض والمساحة

العوامل التي يتوقف عليها φ_m خلال مساحة معينة :

1 كثافة الفيض المغناطيسي

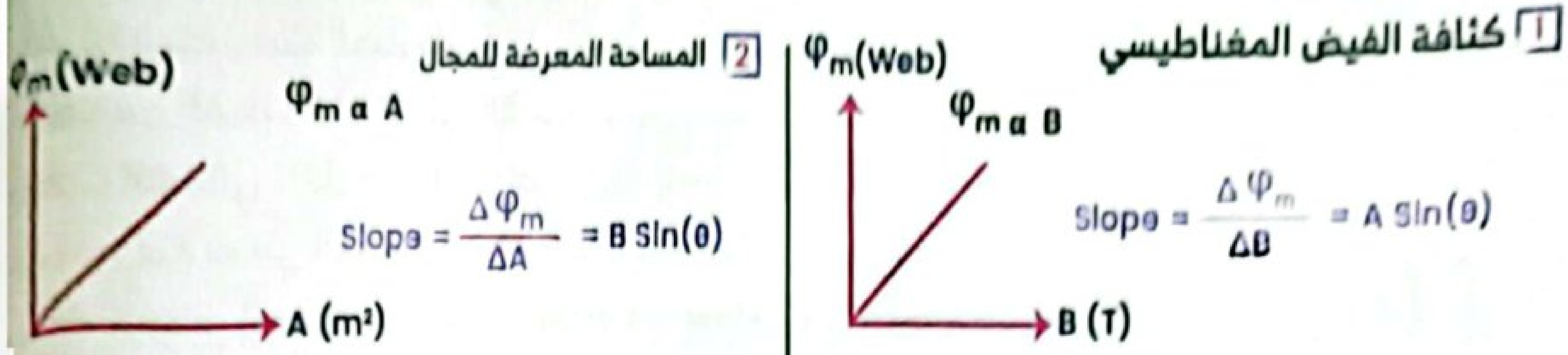
$\varphi_m \propto B$

$$Slope = \frac{\Delta \varphi_m}{\Delta B} = A \sin(\theta)$$

2 المساحة المعرضة للمجال

$\varphi_m \propto A$

$$Slope = \frac{\Delta \varphi_m}{\Delta A} = B \sin(\theta)$$

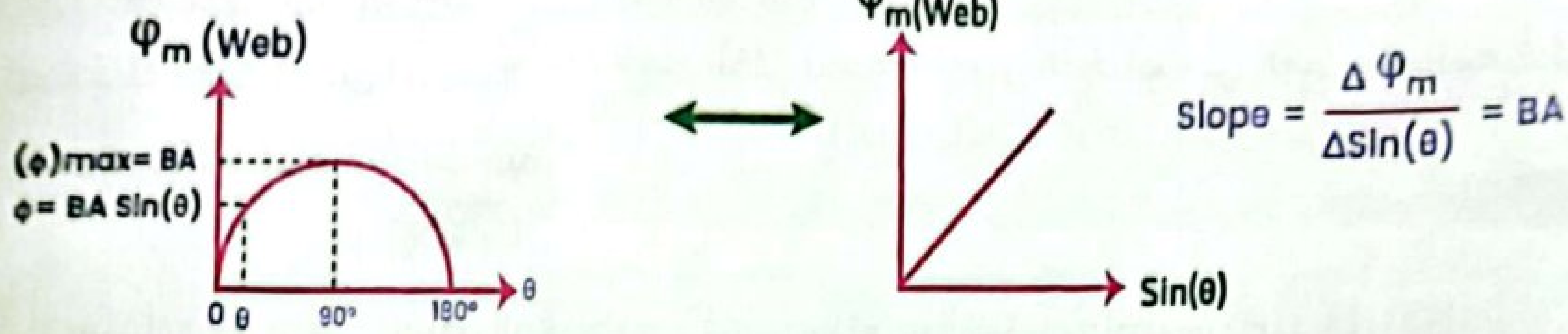


3 جيب الزاوية المحصورة بين الملف والمجال

$\varphi_m \propto \sin(\theta)$

$$Slope = \frac{\Delta \varphi_m}{\Delta \sin(\theta)} = BA$$

أو الزاوية التي يصنعها الملف مع المجال بدءاً من الوضع الموازي خلال نصف دورة (علاقة جيبية)



ملاحظـات

- عندما تكون المساحة موازية لخطوط الفيض يكون الفيض = صفر
  $\varphi_m = zero$
- عندما تميل مساحة على خطوط الفيض بزاوية θ نأخذ المركبة العمودية لها.
  $\varphi_m = BA \sin(\theta)$
- عندما تميل المساحة عمودي على خطوط الفيض على بزاوية θ
  $\varphi_m = BA \sin(90-\theta)$ or $BA \cos(\theta)$
- يكون الفيض نهاية عظمى عندما تكون المساحة عمودية على خطوط الفيض
  $\varphi_m = BA$
- إذا دار الملف بزاوية θ بدءاً من الوضع

الموازي	العمودي
$\varphi_m = BA \sin(\theta)$	$\varphi_m = BA \sin(90 \pm \theta)$

مثـــال

ملف مساحته $2m^2$ وضع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه $0.05\ wb/m^2$ بحيث يكون الفيض المار به نهاية عظمى (الوضع العمودي)، احسب الفيض المغناطيسي عندما يدور الملف بزاوية :

A) 30°　B) 90°　C) 45°　D) 60°　E) 150°　F) 180°

A) $\varphi = BA\sin(90+30) = 0.05\times2\times\sin(120) = 0.087Wb$

B) $\varphi = 0.1\times\sin(90+90) = 0$

C) $\varphi = 0.1\times\sin(90+45) = 0.0707\ Wb$

D) $\varphi = 0.1\times\sin(90+60) = 0.05Wb$

E) $\varphi = 0.1\times\sin(90+150) = -0.0866\ Wb$

F) $\varphi = 0.1\times\sin(90+180) = -0.1\ Wb$

المجال المغناطيسي لتيار كهربي يمر في سلك مستقيم

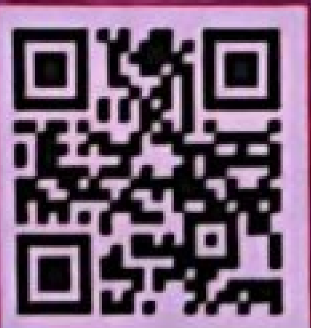
تمهيد

اكتشف العالم "هانز أورستد" عام 1819 أنه عند وضع بوصلة صغيرة فوق سلك يمر به تيار كهربي وموازية له في نفس مستواه أن:

ملحوظة

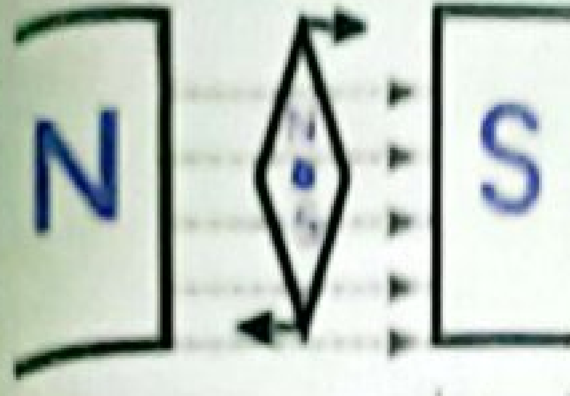
- استنتج أورستد أن: انحراف البوصلة أثناء مرور التيار الكهربي في السلك يوضح أنها تتأثر بمجال مغناطيسي حول السلك نتيجة مرور تيار كهربي به.. وهذا ما يُطلق عليه التأثير المغناطيسي للتيار الكهربي.

معلومة مش في كتابك



المغناطيس المستخدم في رفع عربية كاملة بيكون 2 تسلا بس في المقابل أقوى مغناطيس موجود على الأرض حوالي 54 تسلا في جامعة ولاية فلوريدا .

البوصلة



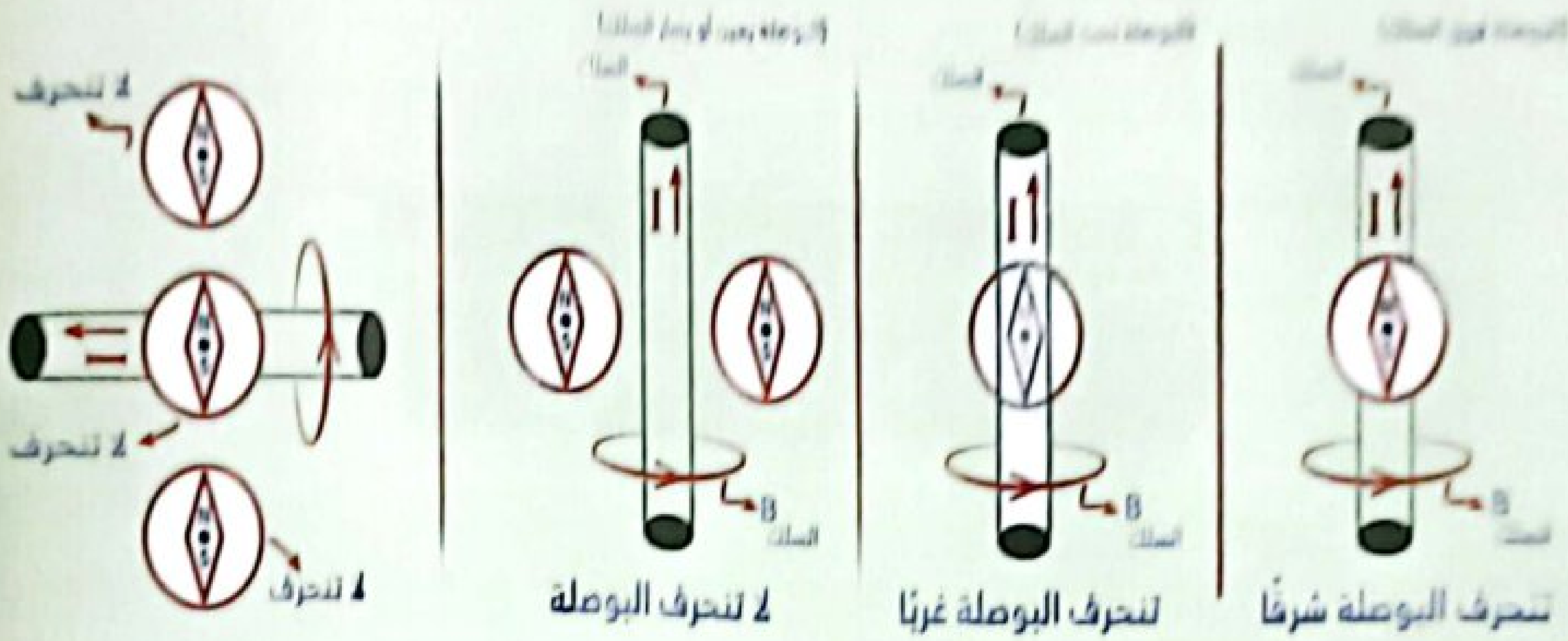
(بوصلة أفقية من منظور علوي)

يكون اتجاه انحراف القطب الشمالي للبوصلة مع اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر

تنحرف البوصلة فقط إذا كان المجال المؤثر عليها اتجاهه الشرق أو الغرب

لكي تنحرف البوصلة بمجال السلك يجب أن يكون:

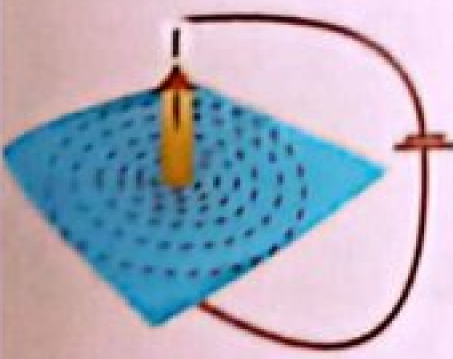
- السلك أفقي (فوق أو تحت البوصلة)
- السلك موازي لإبرتها (في نفس مستواها الرأسي)



تجربة

كيفية التعرف على شكل خطوط الفيض بسلك مستقيم يمر به تيار كهربي

- **التجربة :**
  - انثر برادة الحديد على لوحة أفقية من الورق المقوى يخترقها السلك المستقيم وهو في وضع رأسي، واط لوح الورق طرقات خفيفة .
  - قم بزيادة شدة التيار الكهربي المار في السلك واطرق على اللوح مرة أخرى.



- **المشاهدة :**
  - تترتب برادة الحديد على هيئة دوائر منتظمة متحدة المركز مركزها السلك المستقيم بحيث تتزاحم هذه الدوائر بالقرب من السلك وتقل بالابتعاد عنه .
  - يزداد تزاحم الدوائر حول السلك .
- **الاستنتاج :**
  - تمثل الدوائر خطوط الفيض المغناطيسي .
  - تتزاحم خطوط الفيض بالقرب من السلك مما يدل على أن شدة المجال المغناطيسي تزداد بالاقتراب من السلك وتقل بالابتعاد عنه .

أي أن كثافة الفيض المغناطيسي عند أي نقطة تتناسب عكسياً مع بُعدها العمودي عن محور السلك

- عند زيادة شدة التيار الكهربي المار في السلك تزداد شدة المجال المغناطيسي وتقل بنقص شدة التيار الكهربي

أي أن كثافة الفيض المغناطيسي تتناسب طردياً مع شدة التيار الكهربي

خصائص خطوط الفيض المغناطيسي لسلك مستقيم يمر به تيار كهربي

حلقات دائرية متحدة المركز مركزها محور السلك .

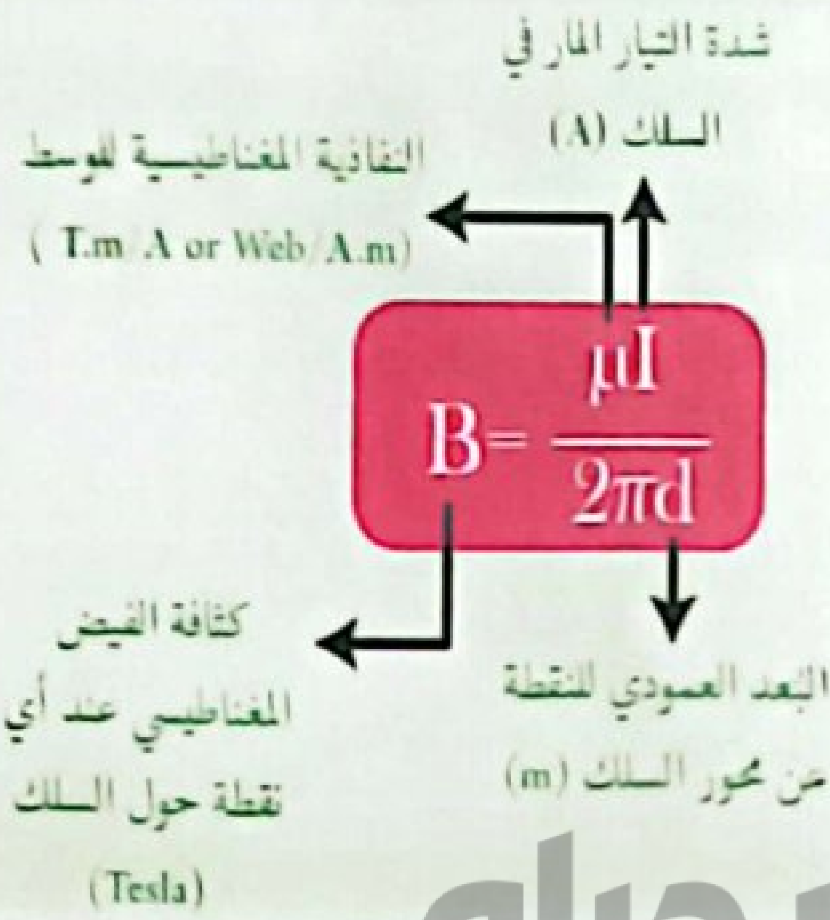
مستواها عمودي علي محور السلك .

تتزاحم بالقرب من السلك (أو بزيادة التيار) وتقل كلما ابتعدنا عن السلك (أو بتقليل التيار) .

تكون مساراً مغلقاً (لكل حلقة) .

حساب كثافة الفيض المغناطيسي حول سلك مستقيم

- تتعين كثافة الفيض المغناطيسي عند أي نقطة تبعد مسافةd عن محور سلك يمر به تيار كهربي شدته I من العلاقة :



وتُسمى بقانون أمبير الدائري

النفاذية المغناطيسية لوسط μ

عرف

قابلية الوسط لنفاذ الفيض المغناطيسي خلاله (تختلف من وسط لآخر) ووحدتها T.m/A = Web/A.m

ملحوظة

معامل النفاذية المغناطيسية للهواء $(\mu_0) = 4\pi \times 10^{-7}$ web/A.m

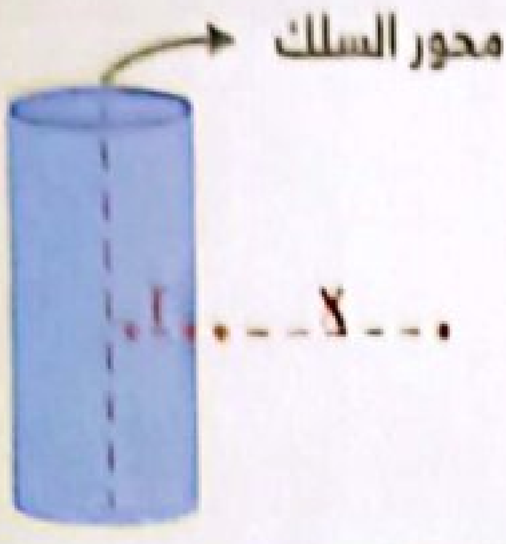
؟! علل يُنصح ببناء المساكن بعيداً عن أبراج الضغط الكهربي العالي ؟

- لتقليل تأثير المجال المغناطيسي الضار على الصحة لأن كثافة الفيض المغناطيسي B تتناسب عكسيًا مع المسافة d ← $B \alpha \frac{1}{d}$

#لا أبرح حتى أبلغ

أحدهم يصنع مجداً

ملحوظة



- عند وجود r (نصف قطر السلك) و X (المسافة عن سطح السلك) في السؤال فعنده يتم حساب B كالتالي:

$$B=\frac{\mu I}{2\pi(r+X)}$$

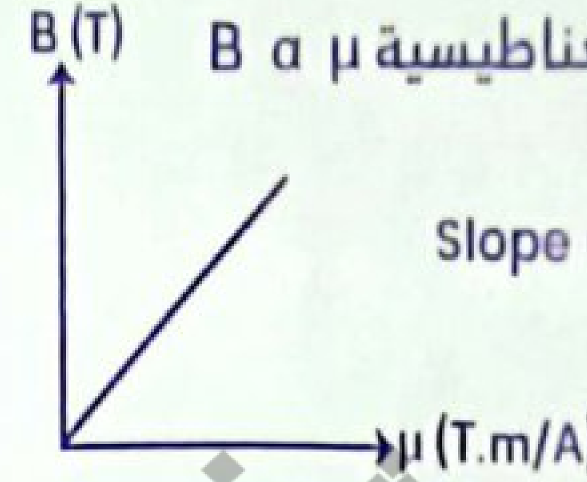
معلومة إثرائية

شرط تطبيق قانون أمبير الدائري علي السلك المستقيم أن يكون السلك لانهائي الطول أو علي الأقل تكون المسافة $d=\frac{1}{20}$ من طول السلك.

العوامل التي يتوقف عليها "B" حول سلك مستقيم يمر به تيار كهربي

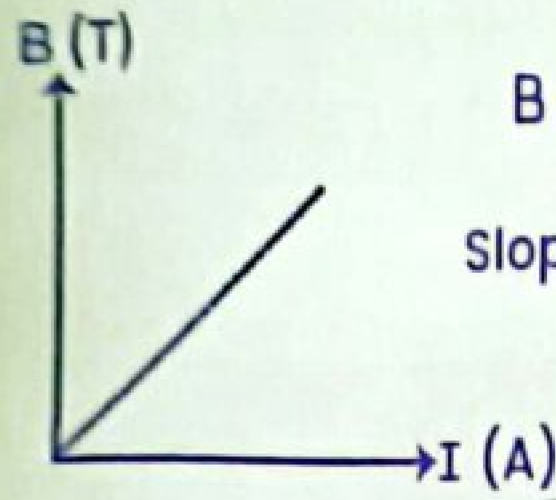
- معامل النفاذية المغناطيسية $B \propto \mu$

$$Slope=\frac{\Delta B}{\Delta \mu} \quad \frac{I}{2\pi d}$$



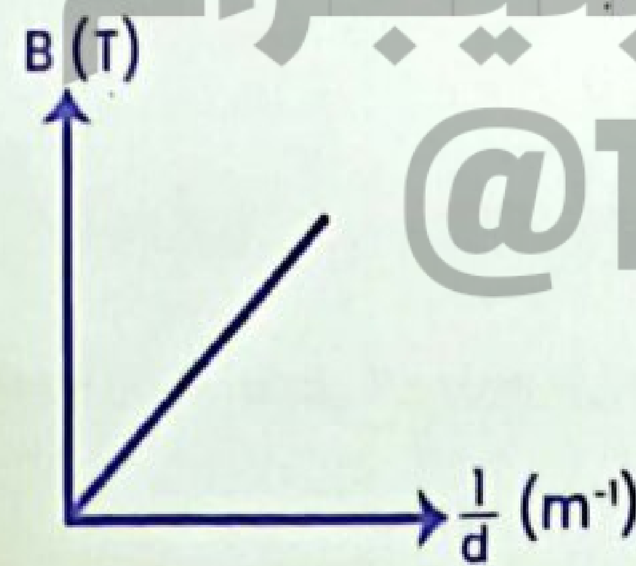
- شدة التيار $B \propto I$

$$Slope=\frac{\Delta B}{\Delta I}=\frac{\mu}{2\pi d}$$



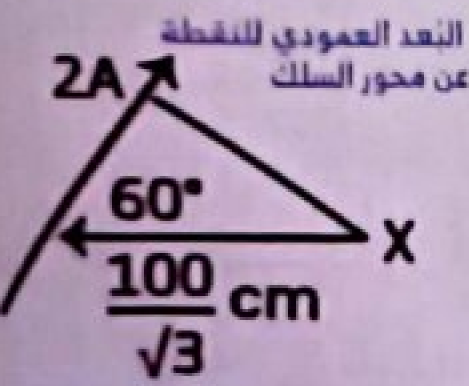
- البُعد العمودي للنقطة عن محور السلك $B \propto \frac{1}{d}$

$$Slope=\frac{\Delta B}{\Delta \frac{1}{d}}=\frac{\mu I}{2\pi}$$



مثـــال

في الشكل الموضح: احسب كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطة X علماً بأن نصف قطر السلك 2mm.



لاحظ أن البُعد عن X هو البُعد العمودي

$$d=\frac{\sqrt{3}}{2}\times\frac{100}{\sqrt{3}}\times 10^{-2}=0.5m$$

$$B=\frac{\mu I}{2\pi(r+X)}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times2}{2\pi\,(2\times10^{-3}+0.5)}=7.97\times10^{-7}\ Tesla$$

قاعدة اليد اليمنى لأمبير

- الاستخدام:
  - تستخدم لتحديد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربي في سلك مستقيم
- نص القاعدة (طريقة الاستخدام):
  - عندما تقبض اليد اليمنى على السلك بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيار فإن اتجاه التفاف باقي الأصابع يشير إلى اتجاه الفيض المغناطيسي

◂ مجال سلك تياره لأعلى

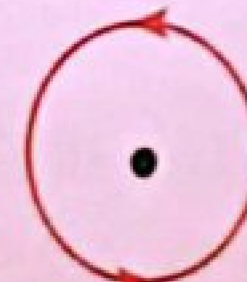
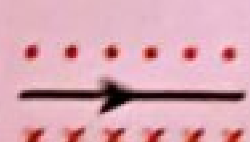
◂ مجال سلك تياره عمودي داخل الصفحة

◂ مجال سلك تياره عمودي خارج الصفحة

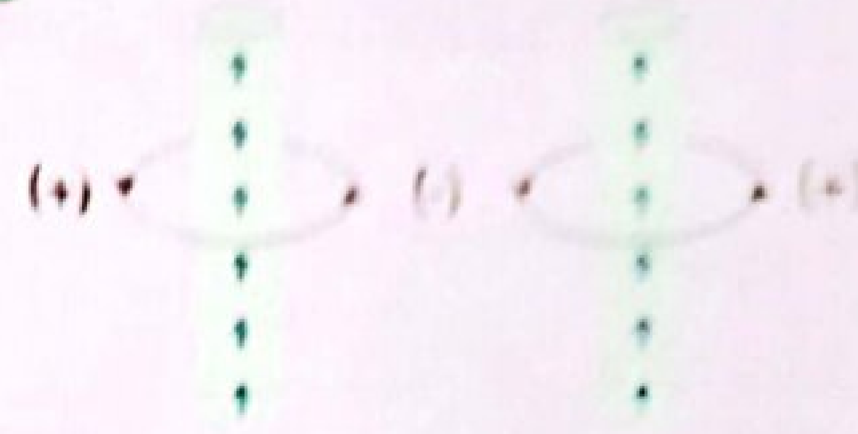
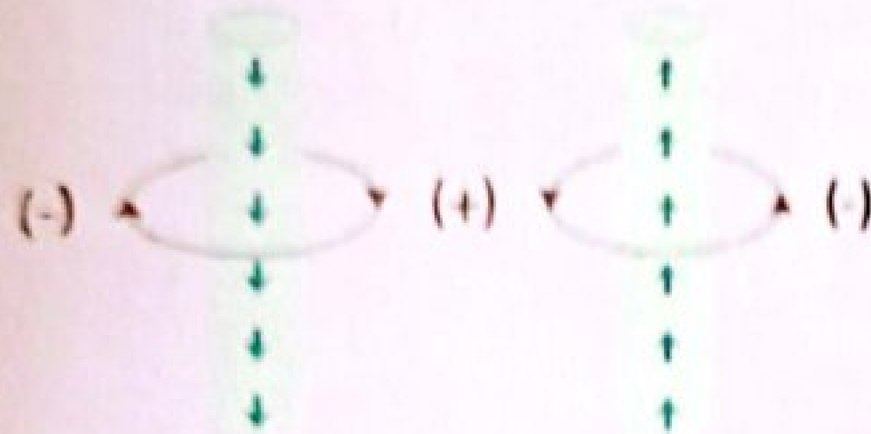
ملحوظات

" × " يعني أن الفيض أو التيار عمودي على الصفحة للداخل.

" • " يعني أن الفيض أو التيار عمودي على الصفحة للخارج.

سلك تياره عمودي على الصفحة للداخل		سلك رأسي تياره لأعلى		سلك أفقي تياره يساراً	
سلك تياره عمودي على الصفحة للخارج		سلك رأسي تياره لأسفل		سلك أفقي تياره يميناً	

قارن بين كثافة الفيض الناشئ عن مرور تيارين في سلكين متوازيين

التيارات في نفس الاتجاه	قارن	التيارات في عكس الاتجاه
	شكل المجال	
يكون اتجاه المجال لكل منهما بين السلكين معاكساً للاخر لذلك تُحسب محصلة كثافة الفيض عند أي نقطة بينهما من العلاقة: $B_t = B_{كبير} - B_{صغير}$	كثافة الفيض بين السلكين	يكون اتجاه المجال بين السلكين في نفس الاتجاه فتُحسب محصلة كثافة الفيض عند أي نقطة بينهما من العلاقة: $B_t = B_1 + B_2$
يكون اتجاه المجال لكل منهما خارج السلكين في نفس الاتجاه لذلك تحسب محصلة كثافة الفيض عند أي نقطة خارج السلكين من العلاقة: $B_t = B_1 + B_2$	كثافة الفيض خارج السلكين	يكون اتجاه المجال خارج السلكين لكل منهما في عكس الاتجاه لذلك تحسب محصلة كثافة الفيض عند أي نقطة خارجهما من العلاقة: $B_t = B_{كبير} - B_{صغير}$
محصلة كثافة الفيض خارج السلكين أكبر من محصلة كثافة الفيض بين السلكين فتتولد قوة تجاذب مغناطيسية تحرك السلكين من الموضع الأعلى في كثافة الفيض (الخارج) إلى الموضع الأقل في كثافة الفيض (الداخل).	القوة المؤثرة على السلكين	محصلة كثافة الفيض بين السلكين أكبر من محصلة كثافة الفيض خارجهما فتتولد قوة تنافر مغناطيسية تحرك السلكين من الموضع الأعلى في كثافة الفيض (الداخل) إلى الموضع الأقل في كثافة الفيض (الخارج).

تعريف نقطة التعادل

- هي النقطة التي تنعدم عندها كثافة الفيض المغناطيسي نتيجة تقابل فيضين مغناطيسيين متساويين في المقدار ومتضادين في الاتجاه فتكون محصلتهما صفراً، وتكون:
  - في منطقة طرح.
  - أقرب للأضعف تياراً.
- تكون النسبة بين بعديها عن السلكين كالنسبة بين تياريهما، حيث d المسافة العمودية بين النقطة ومحور السلك: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_1}{d_2}$

عرف

نقطة التعادل

تقع نقطة التعادل بين السلكين بحيث تصبح عندها $B_1 = B_2$ أي أن:

$$B_t = B_1 - B_2 = 0$$

، أي تنعدم عندها كثافة الفيض

حساب نقطة التعادل

قارن A|B

التياران في نفس الاتجاه

$B_1 = B_2 \quad , \quad I_1 < I_2$

$$\frac{\mu I_1}{2\pi d} = \frac{\mu I_2}{2\pi(x-d)}$$

$$\frac{I_1}{d} = \frac{I_2}{x-d}$$

التياران في عكس الاتجاه

$B_1 = B_2 \quad , \quad I_1 < I_2$

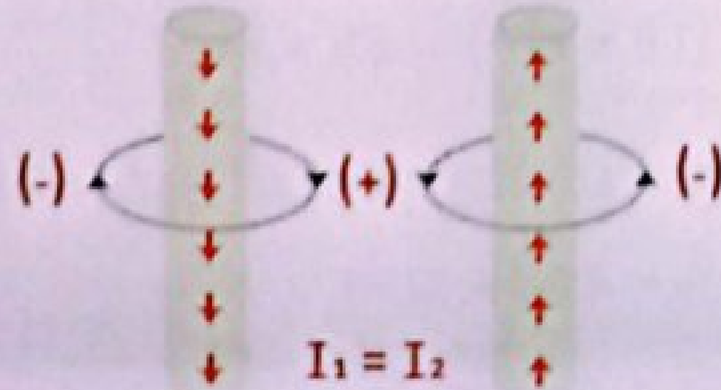
$$\frac{\mu I_1}{2\pi d} = \frac{\mu I_2}{2\pi(x+d)}$$

$$\frac{I_1}{d} = \frac{I_2}{x+d}$$

- في منطقة طرح.
- أقرب للأضعف.
- النسبة بين البعدين تساوي النسبة بين التيارين.

ملحوظة

لا توجد نقطة تعادل إذا كان التياران في السلكين المتوازيين في عكس الاتجاه ولهما نفس الشدة.

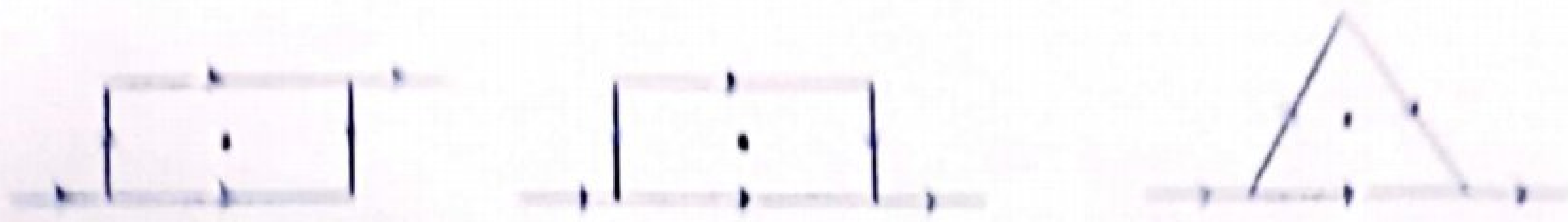


ملاحظة

- تكون محصلة المجال الناشئ عن سلكين يكون فيهما مجاليهما متعامدين هو

$$B_t = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$

- عند كل من الأشكال التالية تكون محصلة كثافة الفيض عند المركز مساوية للصفر حيث يكون مجموع كثافة الفيض للأسلاك في الفرع العلوي مساوي ومعاكس لمجموع كثافة الفيض للأسلاك في الفرع السفلي فيلاشي كل منهما الآخر



مثال

سلك مستقيم تياره 7.2A عمودي داخل الصفحة فإذا علمت أن المركبة الأفقية لمجال الأرض 2.28×10^{-5} T احسب محصلة كثافة الفيض المغناطيسي عند النقاط الآتية:

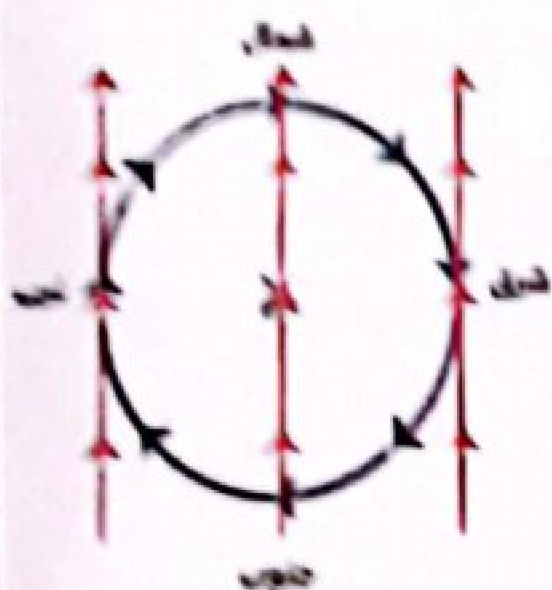
1- على بعد 8cm شمال السلك. 2- على بعد 8cm جنوب السلك

3- على بعد 8cm شرق السلك. 4- على بعد 8cm غرب السلك

، علماً بأن مجال الأرض يمر من جنوب الصفحة إلى شمالها وأن $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Web/A.m

الحل

- شمال السلك: يتعامد مجال السلك مع مجال الأرض فتكون:



$$B_t = \sqrt{B^2_{\text{سلك}} + B^2_{\text{أرض}}}$$

$$B_{\text{سلك}} = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 7.2}{2\pi \times 8 \times 10^{-2}} = 1.8 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

$$B_{t\,(\text{شمال السلك})} = \sqrt{(1.8 \times 10^{-5})^2 + (2.28 \times 10^{-5})^2} = 2.9 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

- جنوب السلك: يتعامد مجال السلك مع مجال الأرض فتكون:

$$B_{t\,(\text{جنوب السلك})} = \sqrt{(1.8 \times 10^{-5})^2 + (2.28 \times 10^{-5})^2} = 2.9 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

- شرق السلك: يكون اتجاه مجال السلك عكس اتجاه مجال الأرض:

$$B_{t\,(\text{شرق السلك})} = B_{\text{أرض}} - B_{\text{سلك}} = (2.28 \times 10^{-5}) - (1.8 \times 10^{-5}) = 4.8 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

- غرب السلك: يكون اتجاه مجال السلك في نفس اتجاه مجال الأرض:

$$B_{t\,(\text{غرب السلك})} = B_{\text{أرض}} + B_{\text{سلك}} = (2.28 \times 10^{-5}) + (1.8 \times 10^{-5}) = 4.08 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

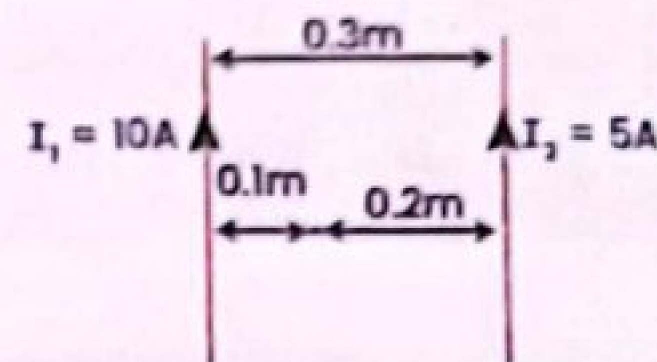
مثال

سلكان مستقيمان متوازيان يمر في الأول تيار شدته 10A وفي الثاني تيار شدته 5A، احسب كثافة الفيض المغناطيسي الكلي عند نقطة بين السلكين تبعد عن الأول 0.1m وعن الثاني 0.2m عندما يكون التيار في السلكين في نفس الإتجاه مرة وفي اتجاهين متضادين مرة أخرى.

في نفس الاتجاه

$$B_t = B_1 - B_2 = \frac{\mu}{2\pi}\left(\frac{I_1}{d_1} - \frac{I_2}{d_2}\right)$$

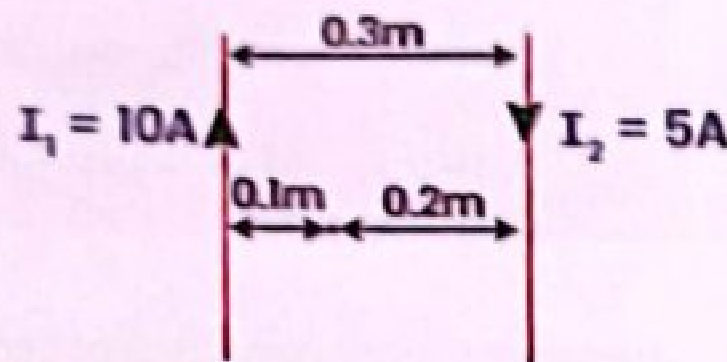
$$B_t = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi}\left(\frac{10}{0.1} - \frac{5}{0.2}\right) = 1.5 \times 10^{-5}\ T$$



في عكس الاتجاه

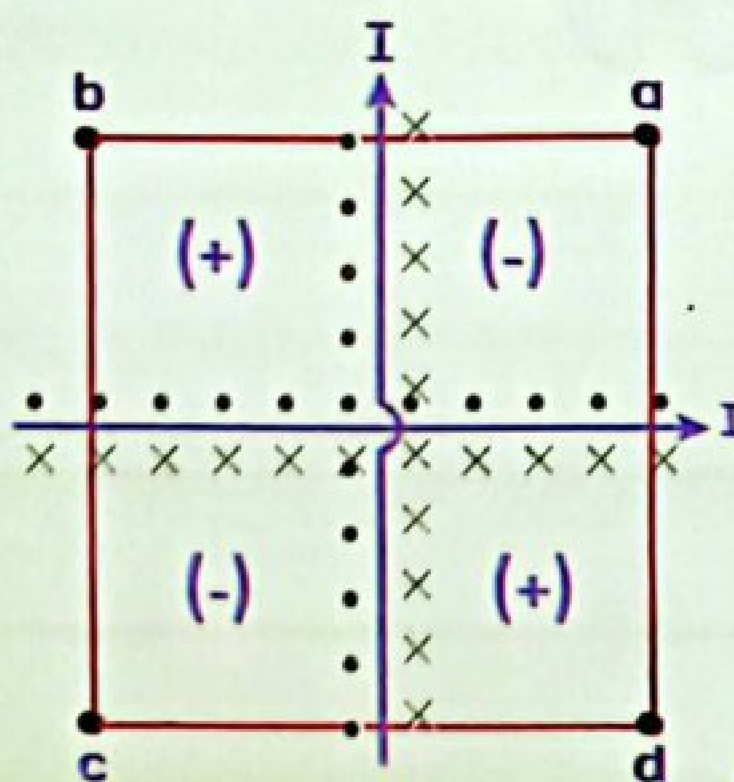
$$B_t = B_1 + B_2 = \frac{\mu}{2\pi}\left(\frac{I_1}{d_1} + \frac{I_2}{d_2}\right)$$

$$B_t = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi}\left(\frac{10}{0.1} + \frac{5}{0.2}\right) = 2.5 \times 10^{-5}\ T$$



مثال

حدد اتجاهات المجال المغناطيسي عند كل من الأربع أركان.



- عند كل من النقاط a, b, c, d يكون مجال كلاً من السلكين متساوي (لتساوي البُعد العمودي وشدة التيار).
- عند كل من النقطتين a, c يكون مجال كلاً من السلكين متساوي و متعاكس وبالتالي يلاشي كل منهما الأخر وتكون محصلة كثافة الفيض مساوية للصفر :

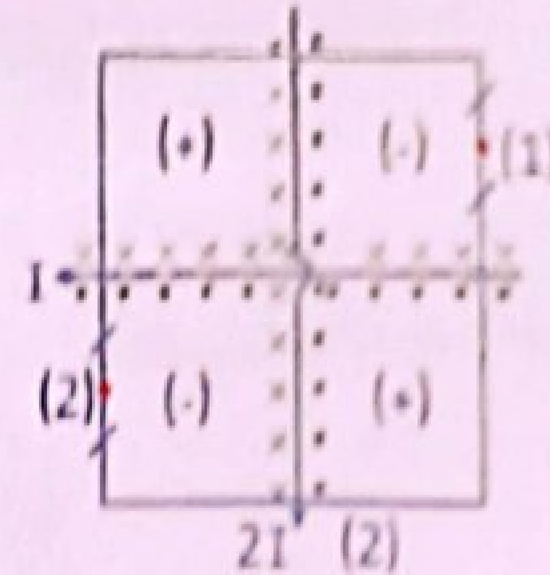
$$B_t = B - B = Zero$$

- عند كل من النقطتين b, d يكون مجال كلاً من السلكين متساوي وفي نفس الاتجاه وبالتالي تكون محصلة كثافة الفيض هي ضعف كثافة الفيض لأحدهما :

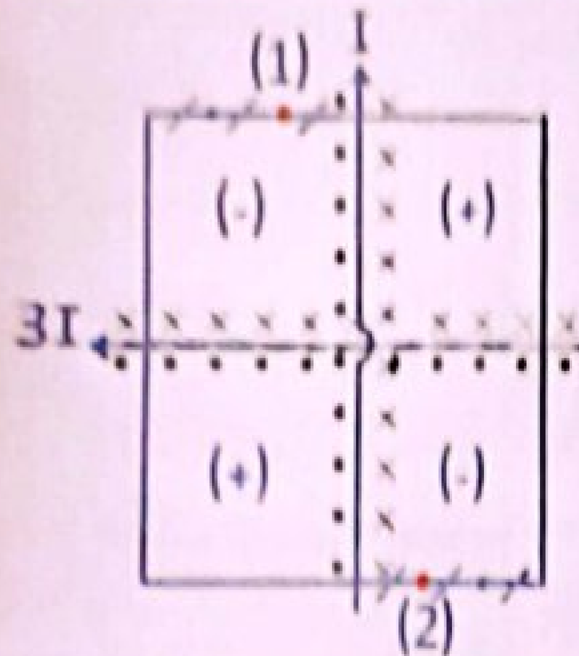
$$B_t = B + B = 2B$$

مثال

حدد نقاط التعادل في الأمثلة التالية



1 ، 2 هي نقاط التعادل وذلك لتوفر فيهما شروط نقطة التعادل:
- توجد في منطقة طرح.
- أقرب للأضعف تيارًا.
- تقسم المسافات بنفس نسب التيار 2 : 1.



1 ، 2 هي نقاط التعادل وذلك لتوفر فيهما شروط نقطة التعادل:
- توجد في منطقة طرح.
- أقرب للأضعف تيارًا.
- تقسم المسافات بنفس نسب التيار 3 : 1.

View Magnetic Fields | Magnetic Games

Cool Video

أفضل الأعمال ما أكرهت عليه النفوس
- عمر بن عبد العزيز -

المحاضرة الثانية

المجال المغناطيسي للملف الدائري والملف اللولبي (الحلزوني)

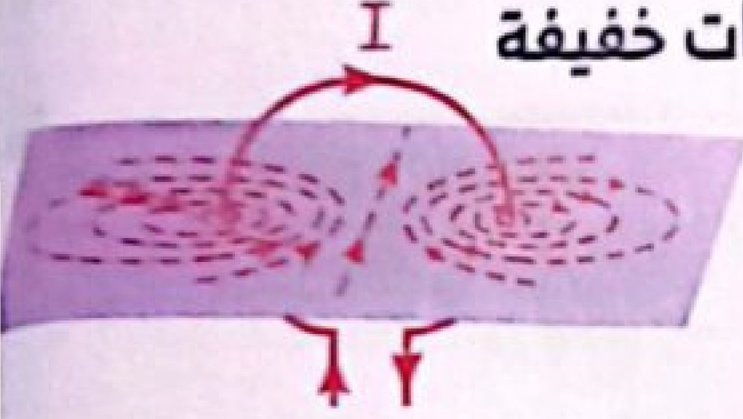
المجال المغناطيسي لتيار كهربي يمر في ملف دائري

تجـربة

كيفية التعرف على شكل خطوط الفيض لملف دائري يمر به تيار كهربي

الخطوات

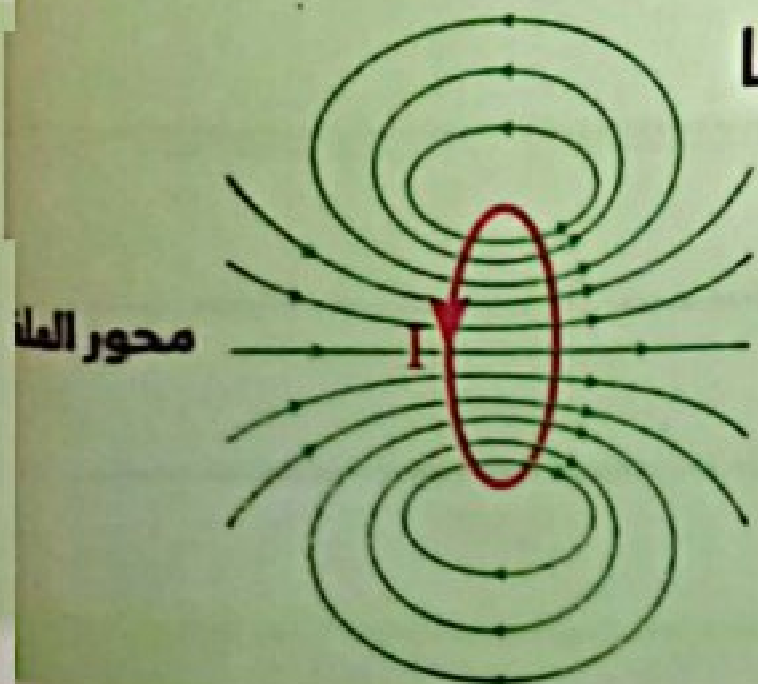
- نحضر ورقة مقواه بحيث يخترق الملف الدائري الورقة حيث يكون مستوى الملف عموديًا على مستوى الورقة.
- ننثر برادة الحديد على لوح الورق ونطرق عليه طرقات خفيفة فتترتب برادة الحديد كما بالشكل.



المشاهدة والاستنتاج

- تترتب برادة الحديد بحيث تعبر عن شكل خطوط الفيض المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربي في الملف.
- تفقد خطوط الفيض دائريتها بالاقتراب من محور الملف.
- خطوط الفيض المغناطيسي عند محور الملف الدائري خطوط مستقيمة متوازية ومتعامدة على مستوى الملف (مما يدل على أن المجال المغناطيسي في هذه المنطقة مجال منتظم).
- المجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري يشبه إلى حد كبير المجال المغناطيسي لمغناطيس صغير أو قرص مصمت له قطبان مستديران (وبالتالي يكافئ ثنائي قطب مغناطيسي).
- تختلف كثافة الفيض المغناطيسي من نقطة لأخرى.

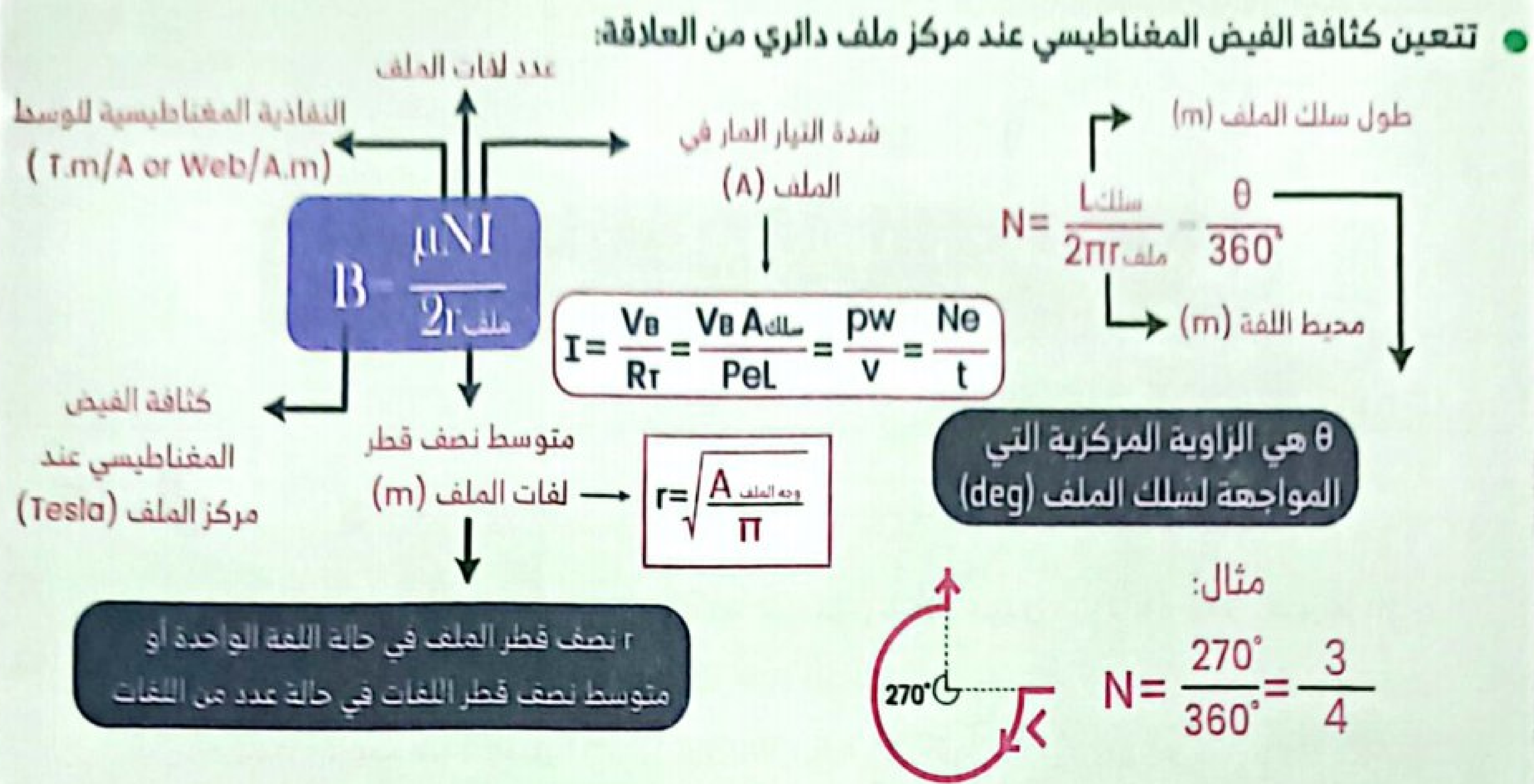
خصائص خطوط الفيض المغناطيسي لملف دائري يمر به تيار كهربي



- في المركز تكون الخطوط مستقيمة وموازية لمحور الملف، ومستواها عمودي على مستوي الملف.
- تفقد دائريتها كلما أقتربنا من مركز الملف.
- تكون مساراً مغلقاً (لكل حلقة).

حساب كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز ملف دائري

- تتعين كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز ملف دائري من العلاقة:



لاحظ!!

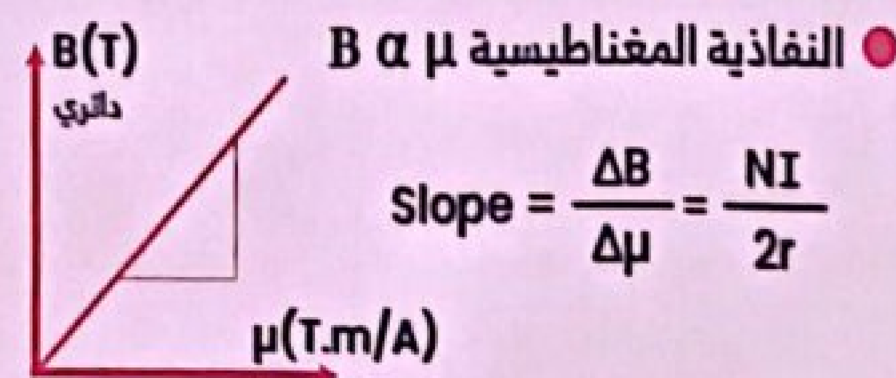
المقاومة الكليه = مقاومه اللفه الواحده × N (عدد اللفات)

$$B = \frac{\mu N V_B}{R_{لفه} \cdot N 2r} \quad , \quad B = \frac{\mu V_B}{2r \cdot R_{لفه}}$$

العوامل التي يتوقف عليها "B" عند مركز ملف دائري يمر به تيار كهربي

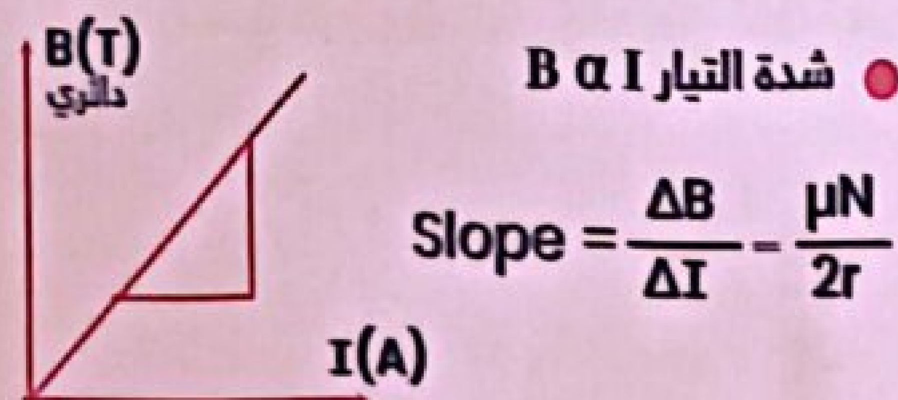
- النفاذية المغناطيسية $B \propto \mu$

$Slope = \frac{\Delta B}{\Delta \mu} = \frac{NI}{2r}$



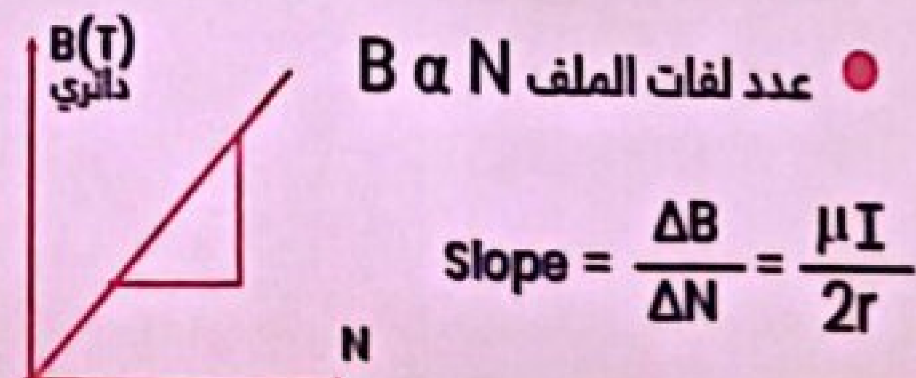
- شدة التيار $B \propto I$

$Slope = \frac{\Delta B}{\Delta I} = \frac{\mu N}{2r}$



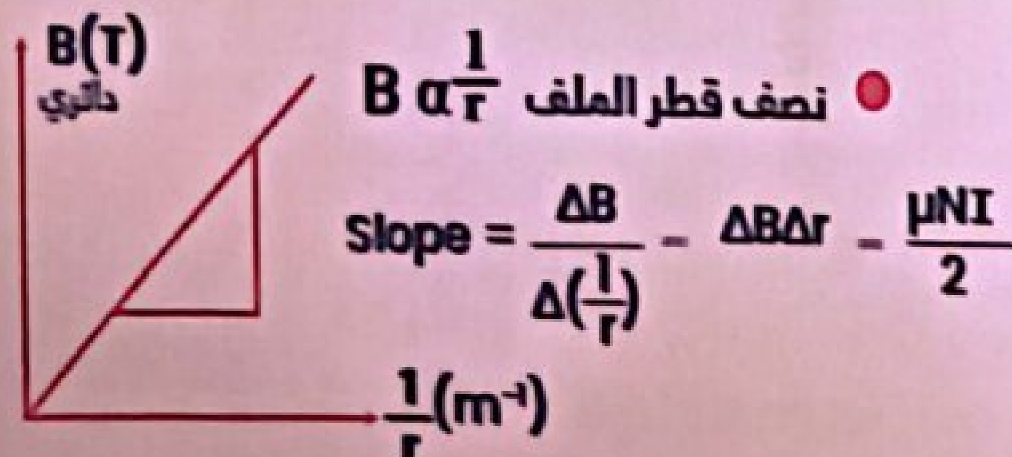
- عدد لفات الملف $B \propto N$

$Slope = \frac{\Delta B}{\Delta N} = \frac{\mu I}{2r}$



- نصف قطر الملف $B \propto \frac{1}{r}$

$Slope = \frac{\Delta B}{\Delta(\frac{1}{r})} = \Delta B \Delta r = \frac{\mu N I}{2}$



مثال

عين كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز ملف دائري نصف قطره 11cm وعدد لفاته 20 لفة ، ويمر تيار شدته 1.4A علماً بأن نفاذية الهواء تساوي: $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ weber\A.m

$$B = \frac{\mu N I}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20 \times 1.4}{2 \times 11 \times 10^{-2}} = 16 \times 10^{-5}\ \text{Tesla}$$

مثال

إذا مر تيار كهربي في سلك طوله 26.4cm منحني على شكل قوس من دائرة نصف قطرها 5.6cm فكانت كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز هذه الدائرة 8.25×10^{-6} T احسب شدة التيار ($\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ weber\A.m)

$$N = \frac{L}{2\pi r} = \frac{26.4 \times 10^{-2}}{2\pi \times 5.6 \times 10^{-2}} = 0.75\ \text{لفة}$$

$$B = \frac{\mu N I}{2r} \rightarrow 8.25 \times 10^{-6} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.75 \times I}{2 \times 5.6 \times 10^{-2}} \rightarrow I = 0.98A$$

قاعدة البريمة اليمنى لماكسويل

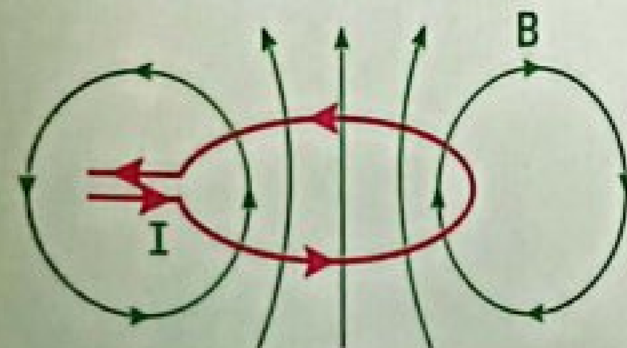
- **الخطوات:**

تستخدم في تحديد اتجاه المجال عند مركز ملف دائري يمر به تيار كهربي.

- **نص القاعدة (طريقة الاستخدام):**

نضع البريمة عند مركز الملف ونجعل اتجاه الدوران مع التيار فيكون اتجاه الاندفاع مشيراً إلى اتجاه المجال المغناطيسي عند مركز الملف.

قاعدة البريمة اليمنى
اتجاه حركة مسمار بريمة
(أثناء الربط)



ملف دائري يمر به تيار في
إتجاه ربط البريمة

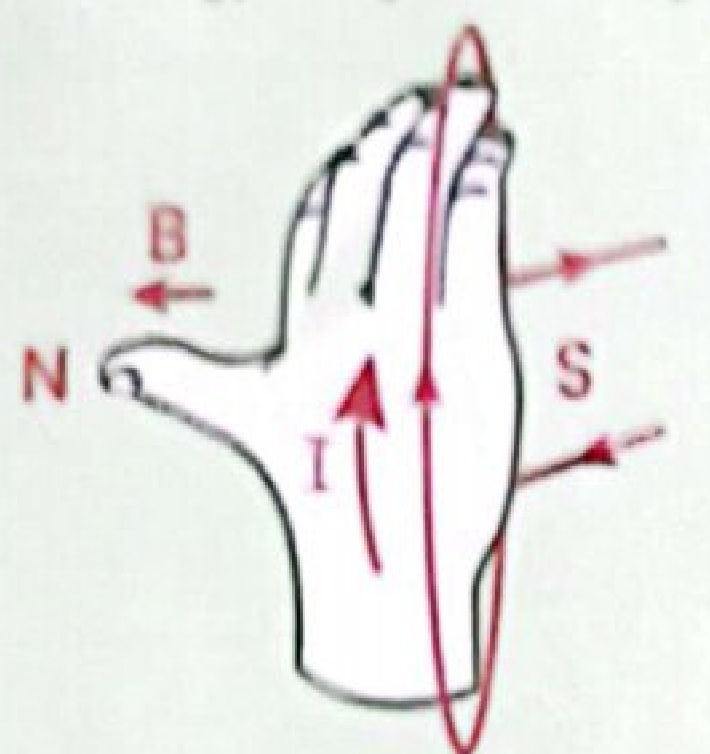
قاعدة اليد اليمنى لأمبير

- **الاستخدام :**

تستخدم في تحديد اتجاه المجال عند مركز ملف دائري يمر به تيار كهربي، وكذلك تحديد قطبية الملف

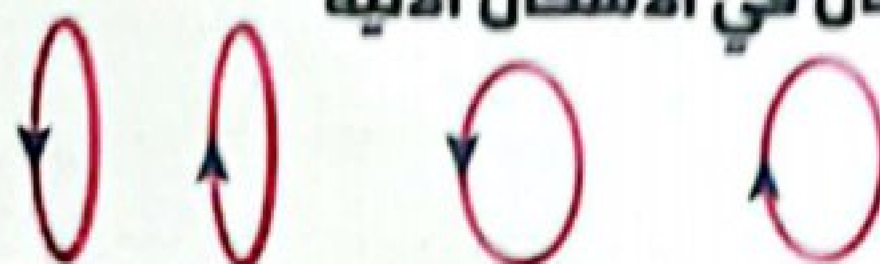
- **نص القاعدة (طريقة الاستخدام) :**

عند وضع الأربع أصابع لليد اليمنى مع اتجاه التيار في الملف فإن الإبهام يشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي عند المركز؛ بحيث يكون الوجه الذي يكون فيه الابهام (المجال) في اتجاه إلى داخل الملف يكون قطباً جنوبياً، والوجه الذي يكون فيه الابهام (المجال) في اتجاه إلى خارج الملف يكون قطباً شمالياً.



اتجاه المجال عند مركز الملف

- **حاول بنفسك : حدد إتجاه المجال في الأشكال الأتيه**



قاعدة اتجاه حركة عقارب الساعة

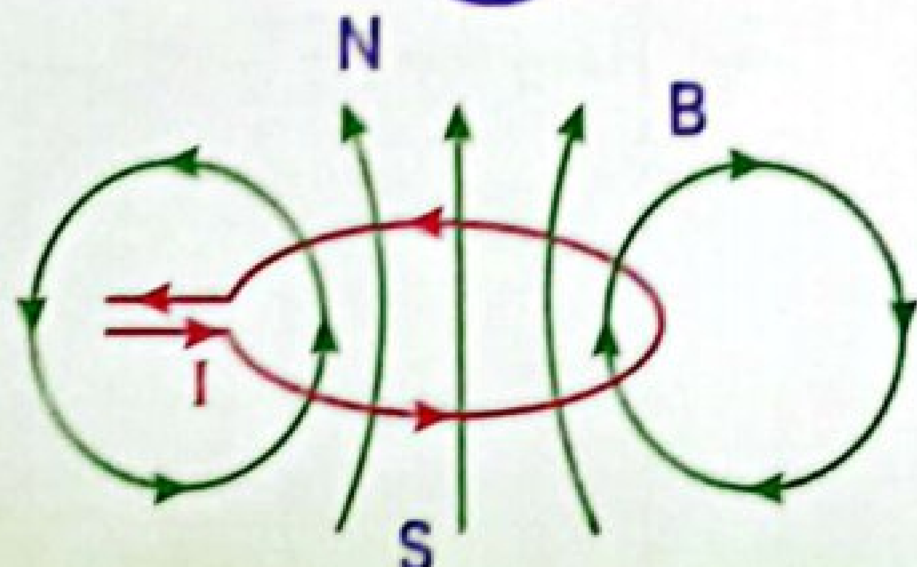
- **الاستخدام :**

تحديد قطبية المجال لملف دائري يمر به تيار كهربي (تحديد نوع القطب في كل من وجهي الملف).

- **نص القاعدة (طريقة الاستخدام) :**

الوجه الذي يبدو فيه اتجاه التيار (عند النظر إليه) في اتجاه حركة عقارب الساعة يكون قطباً جنوبيًا S.

الوجه الذي يبدو فيه اتجاه التيار (عند النظر إليه) في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة يكون قطبًا شماليًا N.



"مع ملاحظة أن خطوط الفيض المغناطيسي تخرج من القطب الشمالي وتدخل إلى القطب الجنوبي خارج الملف و العكس داخل الملف

لاحظ!!

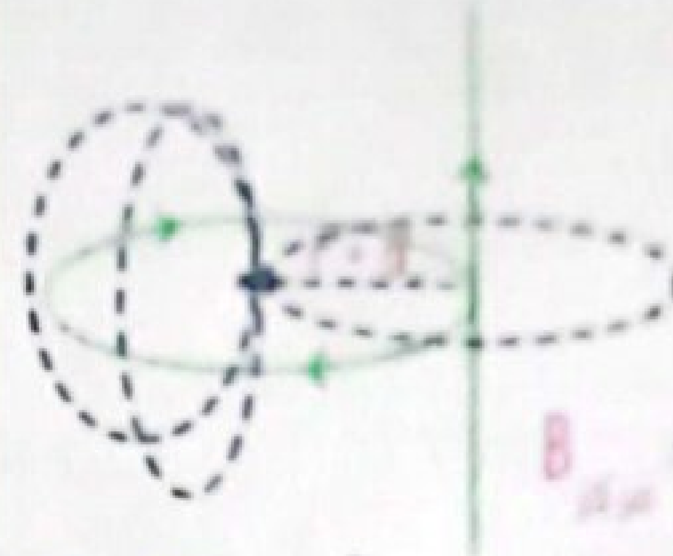
كما يمكن ايضاً استخدام قاعدة البريمة اليمنى في تحديد قطبية المجال لملف دائري يمر به تيار كهربي كالتالي:

نضع البريمة عند مركز الملف ونجعل اتجاه الدوران مع التيار إذا كان اندفاعها في اتجاه إلى داخل الملف فيكون القطب جنوبياً، وإذا كان الاندفاع في اتجاه إلى خارج الملف فيكون القطب شمالياً

ملاحظات !!

في حالة ملف يمس سلك مستقيم (r=d):

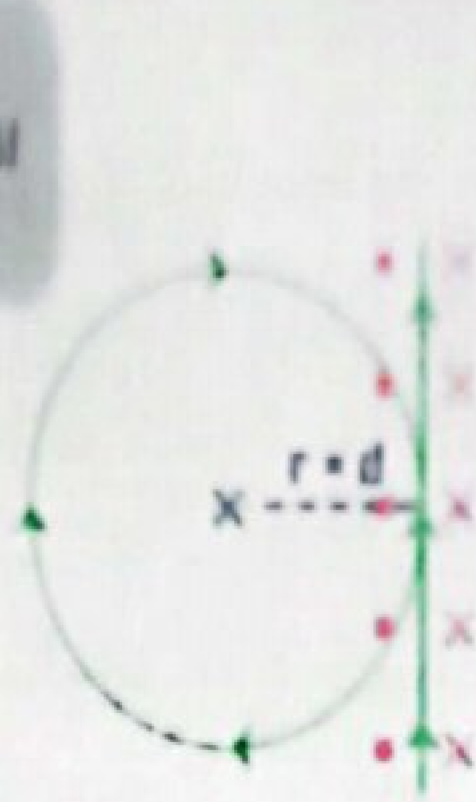
السلك موازي لمحور الملف (السلك عمودي على مستوى الملف)



$r = d$

$B_{مركز} = \sqrt{(B_{ملف})^2 + (B_{سلك})^2}$

نقطة التعادل عند المركز (السلك والملف في نفس المستوى)



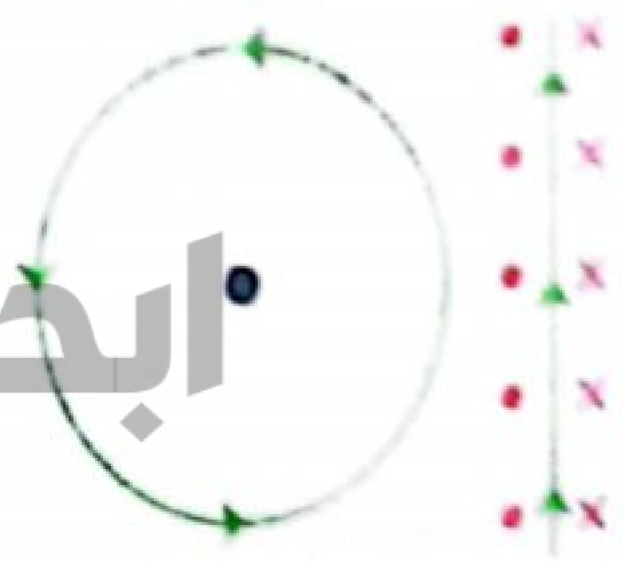
$B_{مركز} = B_{سلك} - B_{ملف} = 0$

$\rightarrow B_{سلك} = B_{ملف}$

$= \frac{\mu I_{سلك}}{2\pi d}$

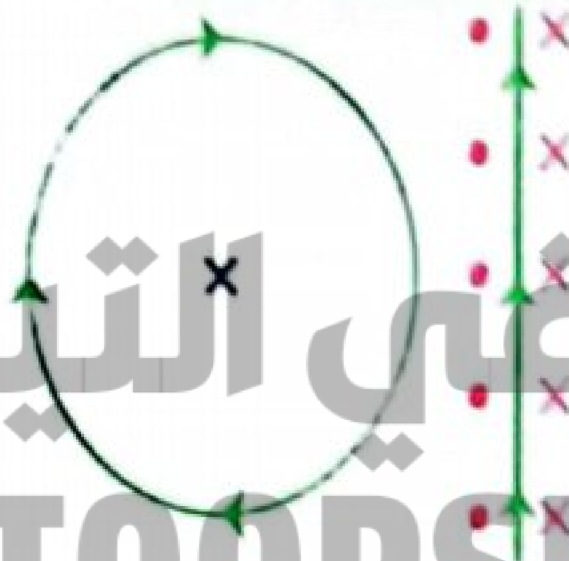
في حالة ملف وسلك

المجالان في نفس الاتجاه (السلك والملف في نفس المستوي)



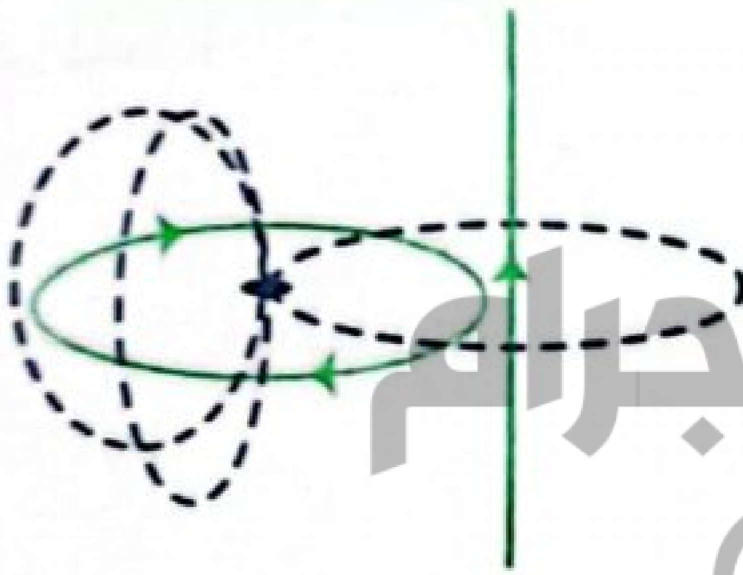
$B_{مركز} = B_{سلك} + B_{ملف}$

المجالان في عكس الاتجاه (السلك والملف في نفس المستوي)



$B_{مركز} = B_{كبير} - B_{صغير}$

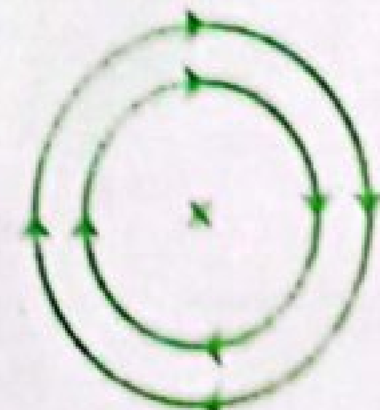
المجالان متعامدان (السلك عمودي علي مستوي الملف)



$B_{مركز} = \sqrt{(B_{سلك})^2 + (B_{ملف})^2}$

في حالة أكثر من ملف لهم مركز مشترك

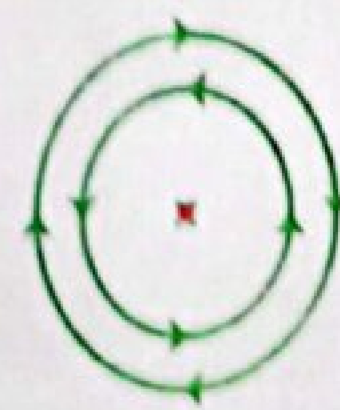
ملفان تياراهما في نفس الاتجاه



$Bt = B1 + B2$

يكون اتجاه المجال المحصل في نفس اتجاه مجال الحلقتين

ملفان تياراهما في عكس الاتجاه

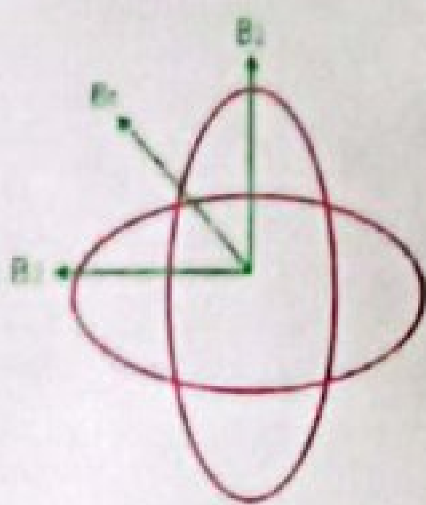


$B_1 > B_2$

$Bt = B1 - B2$

يكون اتجاه المجال المحصل في نفس اتجاه المجال الأكبر

ملفان متعامدان على بعضهما



$Bt = \sqrt{(B1)^2 + (B2)^2}$

مثال

ملف دائري مكون من لفة واحدة فإذا أعيد لفة علي هيئة أربع لفات فإن كثافة الفيض عند مركزة:

أ- سوف تصبح ...... مما كانت عليه. ب- سوف تزداد بمقدار ...... مما كانت عليه.

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{\mu N_2 I_2\, 2r_1}{\mu N_1 I_1\, 2r_2} = \frac{N_2\, r_1}{N_1\, r_2} = \frac{4 \times 1}{1 \times \frac{1}{4}} = 16 \rightarrow B_2 = 16B_1$$

أ- 16 مثل. ب- 15 مثل.

← حل آخر "أسرع - عن طريق كتابة نسبة التغير في كل مقدار": $B = \frac{\mu NI}{2r} = \frac{1 \times 4 \times 1}{\frac{1}{4}} = 16$

مثال

احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز الشكل علماً بأن نصف قطر الحلقة 2cm و الحلقة والسلك معزولان عن بعضهما.

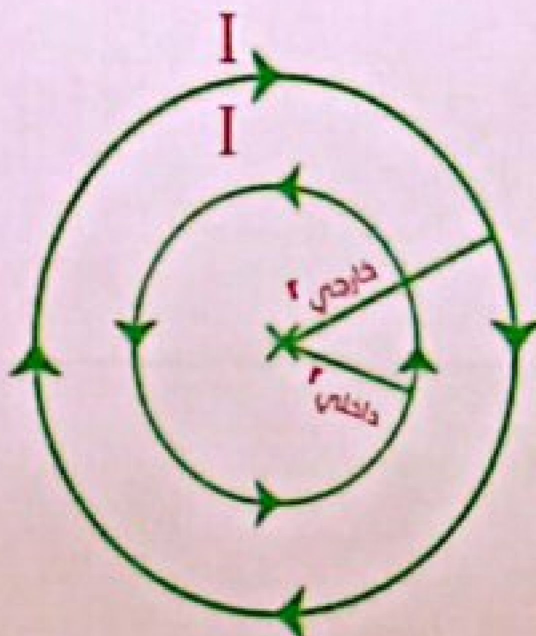
- أولاً مجال السلك : تكون كثافة الفيض عند المركز مساويه للصفر حيث يكون مجموع كثافة الفيض للثلاثة أسلاك في الفرع العلوي مساوي و معاكس لكثافة الفيض للسلك في الفرع السفلي فيلاشي كلاً منهما الأخر.
- ثانياً مجال الحلقة:

$$B = \frac{\mu NI}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 2}{2 \times 2 \times 10^{-2}} = 6.28 \times 10^{-5}\ \text{Tesla}$$ (للخارج)

مثال

ملفان دائريان في مستوى واحد يمر بهما نفس التيار، نصف قطر الخارجي ضعف نصف قطر الداخلي وعندما أُدير أحدهما بزاوية 180° حول محور موازي لطوله نقصت كثافة الفيض عند مركز الملفين إلى نصف ما كانت عليه

احسب النسبة بين عدد لفاتهما علمًا بأن : $B_{خارجي} > B_{داخلي}$.

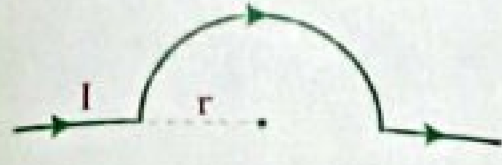


- ملفان دائريان في مستوى واحد أي أن مجال أحدهما منطبق على الآخر.
- عند إدارة أحدهما بزاوية 180° أي انعكس مجاله بالنسبة للآخر.
- نقصت كثافة الفيض للنصف أي أنهم أولًا كانا في اتجاه واحد (المحصلة جمع) ، ثم أصبحا في عكس الاتجاه (المحصلة طرح).

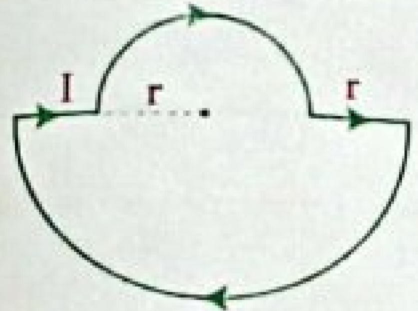
$$B_{داخلي} + B_{خارجي} = 2(B_{داخلي} - B_{خارجي}) \rightarrow B_{داخلي} = 3B_{خارجي}$$

$$\frac{\mu N_{داخلي} I}{2r} = 3 \times \frac{\mu N_{خارجي} I}{2(2r)} \rightarrow N_{داخلي} = \frac{3}{2} N_{خارجي} \rightarrow \frac{N_{داخلي}}{N_{خارجي}} = \frac{3}{2}$$

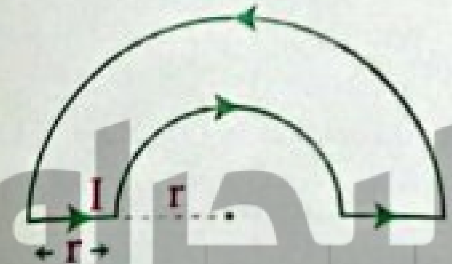
بعض الأشكال الهامة وحساب كثافة الفيض عند نقطة



$$B = \frac{\mu \frac{1}{2} I}{2r} = \frac{1}{4}\frac{\mu I}{r}$$

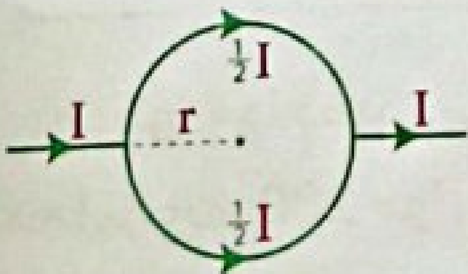


$$B_t = B_{\text{علوي}} + B_{\text{سفلي}}$$
$$= \frac{\mu \frac{1}{2} I}{2r} + \frac{\mu \frac{1}{2} I}{4r} = \frac{3}{8}\frac{\mu I}{r}$$

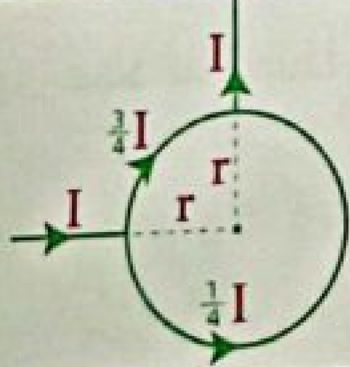


$$B_t = B_{\text{داخلي}} - B_{\text{خارجي}}$$
$$= \frac{\mu \frac{1}{2} I}{2r} - \frac{\mu \frac{1}{2} I}{4r} = \frac{1}{8}\frac{\mu I}{r}$$

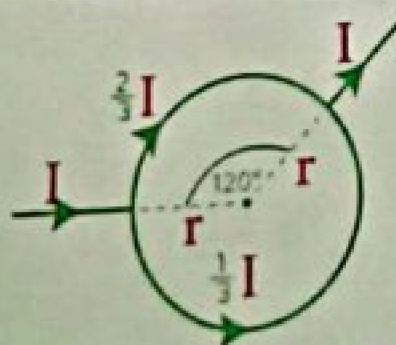
$$B_t = B_{\text{داخلي}} - B_{\text{خارجي}}$$
$$= \frac{\mu \frac{1}{4} I}{2r} - \frac{\mu \frac{1}{4} I}{4r} = \frac{1}{16}\frac{\mu I}{r}$$



$$B_t = B_{\text{علوي}} - B_{\text{سفلي}}$$
$$= \frac{\mu \frac{1}{2}\frac{1}{2} I}{2r} - \frac{\mu \frac{1}{2}\frac{1}{2} I}{2r} = \text{zero}$$



$$B_t = B_{\text{قوس صغير}} - B_{\text{قوس كبير}}$$
$$= \frac{\mu \frac{1}{4}\frac{3}{4} I}{2r} - \frac{\mu \frac{3}{4}\frac{1}{4} I}{2r} = \text{zero}$$



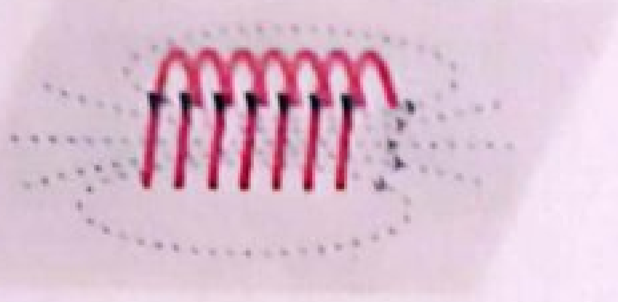
$$B_t = B_{\text{قوس صغير}} - B_{\text{قوس كبير}}$$
$$= \frac{\mu \frac{1}{3}\frac{2}{3} I}{2r} - \frac{\mu \frac{2}{3}\frac{1}{3} I}{2r} = \text{zero}$$

المجال المغناطيسي لتيار كهربي يمر في ملف لولبي (حلزوني)

- هو ملف دائري أبعدت لفاته بانتظام عن بعضها في اتجاه المحور ويعطي مجال مغناطيسي طويل.

تجربة

كيفية التعرف على شكل خطوط الفيض لملف لولبي يمر به تيار كهربي

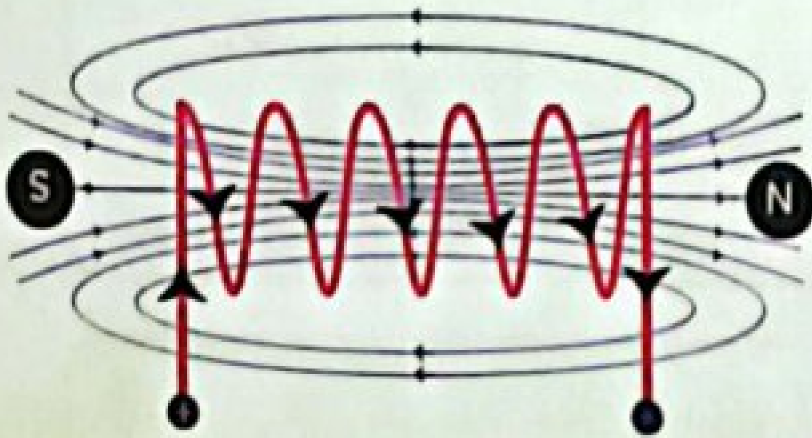


- **الخطوات:** 1- نحضر ورقة مقواه بحيث يخترق الملف الحلزوني الورقة بحيث يكون الملف عموديًا على مستوى الورقة.
2- ننثر برادة الحديد على لوح الورق ونطرق عليه طرقات خفيفة فتترتب برادة الحديد كما بالشكل.

- **المشاهدة والاستنتاج:**

1- تترتب برادة الحديد بحيث تعبر عن شكل خطوط الفيض المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربي في الملف.
2- خطوط الفيض تمثل مسارات متصلة داخل وخارج الملف أي أن كل خط بمثابة مسار مغلق.
3- خطوط الفيض عند محور الملف متوازية وموازية لمحور الملف - عدا قرب طرفيه - (المجال عند محور الملف منتظم).
4- المجال المغناطيسي للملف الحلزوني يشبه إلى حد كبير المجال المغناطيسي لقضيب مغناطيسي.

خصائص خطوط الفيض المغناطيسي لملف لولبي يمر به تيار كهربي



- في المركز تكون الخطوط مستقيمة وموازية لمحور الملف، ومستواها عمودي على مستوي الملف.
- تفقد دائريتها كلما أقتربنا من محور الملف.
- تكون مساراً مغلقاً (لكل حلقة).

Magnetic Field Demonstrations
Simple Wire Coils

Cool Video

حساب كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز ملف لولبي

تتعين كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز ملف لولبي من العلاقة:

$$B = \frac{\mu N I}{L_{محور}} = \mu n I$$

- μ: النفاذية المغناطيسية للوسط (T.m/A or Web/A.m)
- N: عدد لفات الملف
- I: شدة التيار المار في الملف (A)
- B: كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز الملف (Tesla)
- L: طول الملف (طول محور الملف) (m)

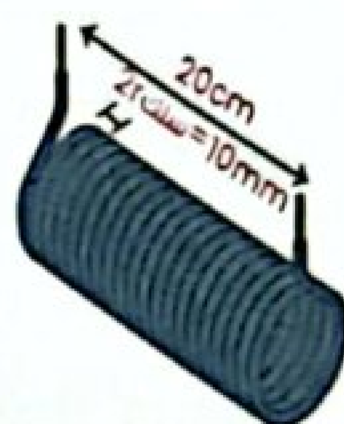
عدد اللفات في وحدة الأطوال:

$$n = \frac{N}{L_{محور}}$$

$$N = \frac{L_{سلك}}{2\pi r_{ملف}} = \frac{L_{محور}}{2r_{سلك}}$$

- $L_{سلك}$: طول سلك الملف (m)
- $2\pi r$: محيط اللفة (m)
- $2r_{سلك}$: قطر السلك (m)

في حالة أن اللفات متماسة على طول الساق فقط



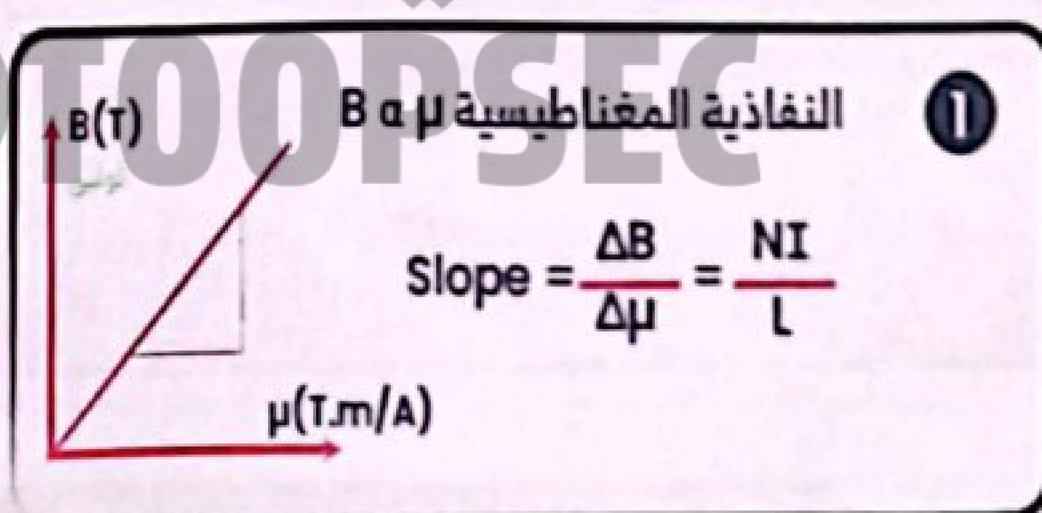
مثال:

$$N = \frac{20\times10^{-2}}{10\times10^{-3}} = 20 \text{ لفة}$$

العوامل التي يتوقف عليها "B" عند محور ملف لولبي (حلزوني) يمر به تيار كهربي

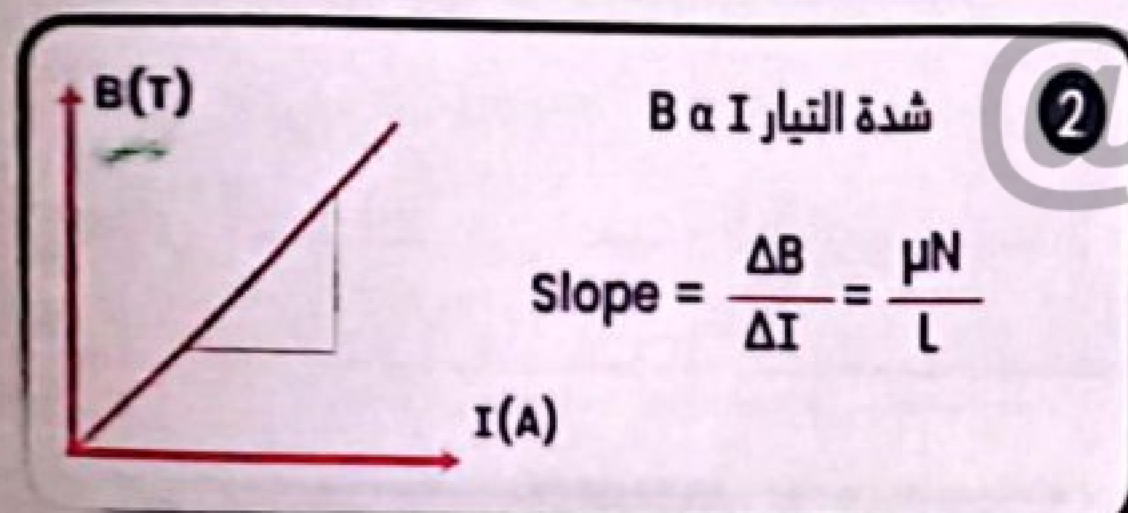
1 النفاذية المغناطيسية $B \propto \mu$

$$Slope = \frac{\Delta B}{\Delta \mu} = \frac{NI}{L}$$



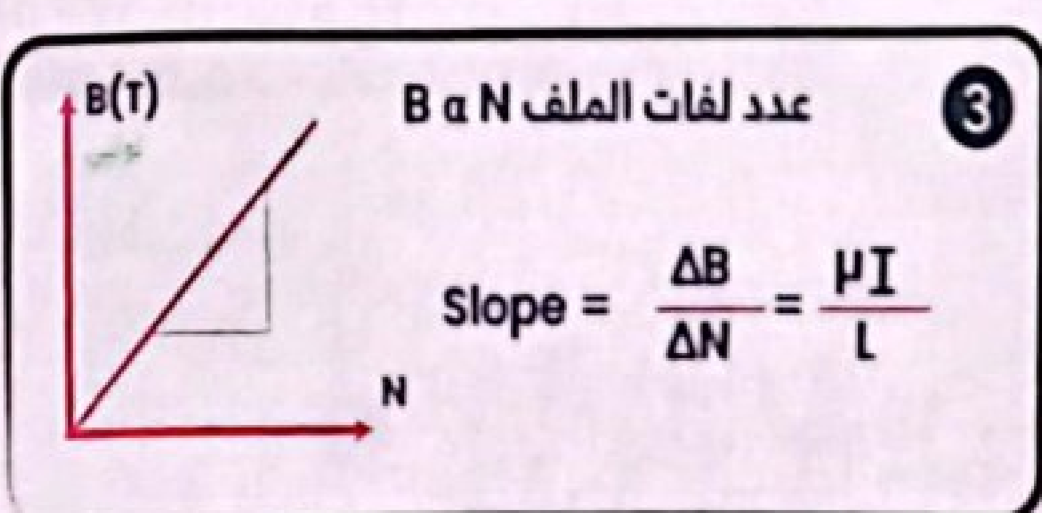
2 شدة التيار $B \propto I$

$$Slope = \frac{\Delta B}{\Delta I} = \frac{\mu N}{L}$$



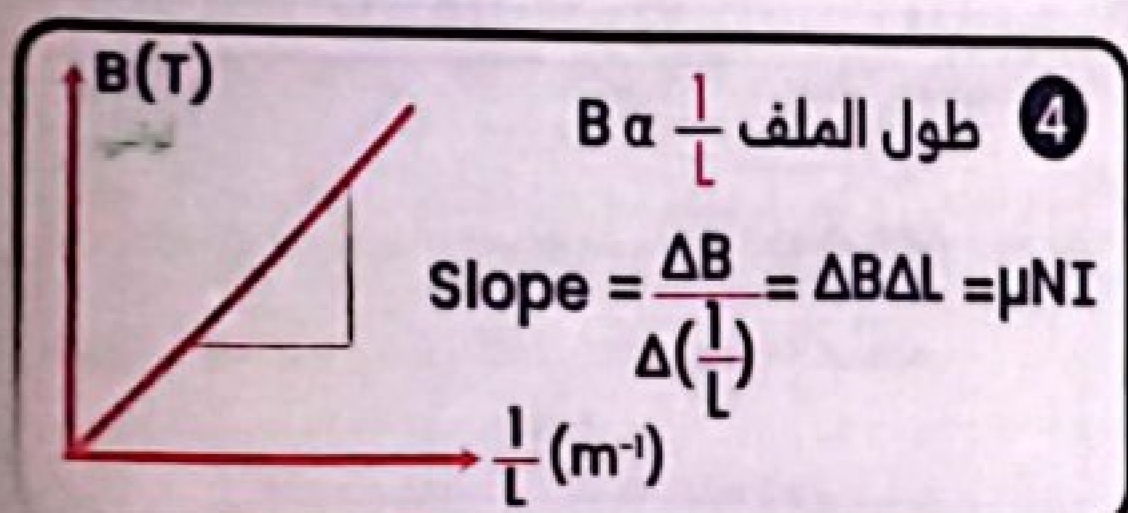
3 عدد لفات الملف $B \propto N$

$$Slope = \frac{\Delta B}{\Delta N} = \frac{\mu I}{L}$$



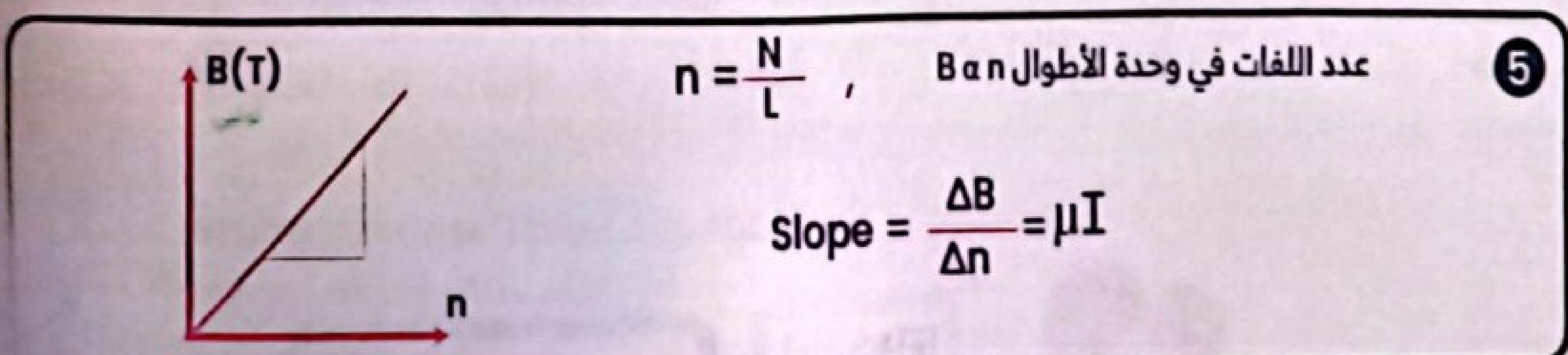
4 طول الملف $B \propto \frac{1}{L}$

$$Slope = \frac{\Delta B}{\Delta(\frac{1}{L})} = \Delta B \Delta L = \mu N I$$



5 عدد اللفات في وحدة الأطوال $B \propto n$ ، $n = \frac{N}{L}$

$$Slope = \frac{\Delta B}{\Delta n} = \mu I$$



معلومة إثرائية

يجب ألا يقل طول الملف اللولبي عن 10 أمثال قطره حتي يمكن تطبيق القانون.

مثال

ملف دائري نصف قطره 30cm أبعدت لفاته حتى قلت كثافة فيضه إلى النصف. احسب طول محوره. (أبعدت لفاته أي أصبح ملف حلزوني).

$$\frac{B_{دائري}}{B_{حلزوني}} = \frac{\mu_1 N_1 I_1 L_2}{\mu_2 N_2 I_2 2r_1} = \frac{L_2}{2r_1} \rightarrow \frac{2}{1} = \frac{L_2}{60} \rightarrow L_2 = 120\ cm$$

مثال

مثال: ملف حلزوني تم قص الـ 1/5 من كل طرف ما الذي يحدث لكثافة الفيض عند محوره إذا:

أ) أعيد توصيله بنفس المصدر(نفس المصدر تعني نفس البطارية أي نفس V).

ب) أعيد توصيله بنفس شدة التيار.

أ) - يقل عدد اللفات إلى 3/5 مما كان عليه.

- يقل طول المحور إلى 3/5 مما كان عليه.
- يزداد التيار إلى 5/3 مما كان عليه، وذلك لأن المقاومة تقل إلى 3/5 مما كانت عليه مع ثبات الجهد.

$$B = \frac{\mu NI}{L} = \frac{1 \times \frac{3}{5} \times \frac{5}{3}}{\frac{3}{5}} = \frac{5}{3}$$

← إذن تزداد كثافة الفيض إلي 5/3 مما كانت عليه.

ب) - يقل عدد اللفات إلى 3/5 مما كان عليه.

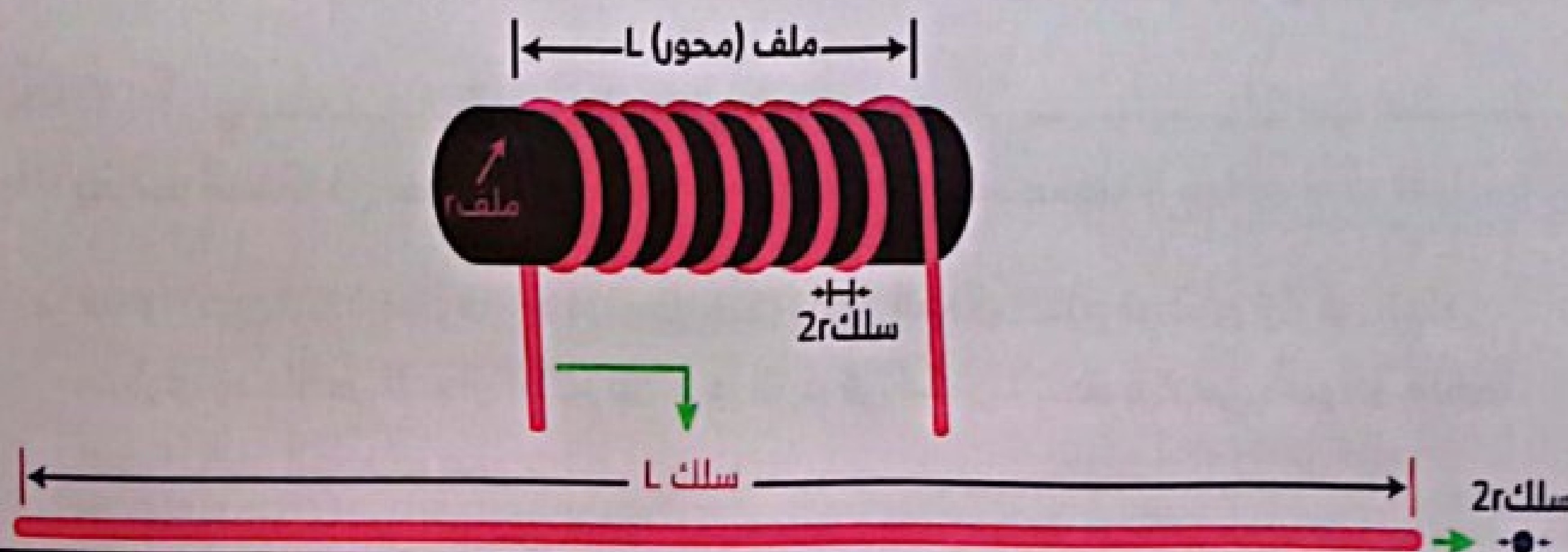
- يقل طول المحور إلى 3/5 مما كان عليه.
- تظل شدة التيار ثابته.

$$B = \frac{\mu NI}{L} = \frac{1 \times \frac{3}{5} \times 1}{\frac{3}{5}} = 1$$

← إذن تظل كثافة الفيض ثابتة.

لاحظ!!

يجب التفريق بين كل من: طول السلك - نصف قطر السلك ، طول الملف - نصف قطر الملف:



ملاحظات

(1) في حالة ملفين لولبيين لهما محور مشترك ويحملان تيارين:

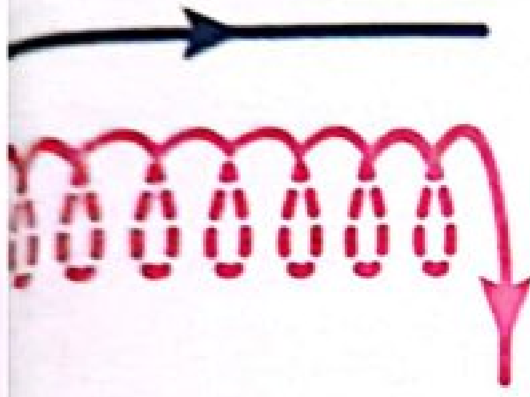
في نفس الاتجاه: $B_t = B_1 + B_2$

في عكس الاتجاه: $B_t = B_{\text{أكبر}} - B_{\text{أصغر}}$

(2) عند إبعاد لفات الملف الدائري عن بعضها بحيث يصبح ملفًا حلزونيًا

$$\frac{B_{\text{دائري}}}{B_{\text{حلزوني}}} = \frac{\mu_{\text{دائري}} N_{\text{دائري}} I_{\text{دائري}} L_{\text{حلزوني}}}{\mu_{\text{حلزوني}} N_{\text{حلزوني}} I_{\text{حلزوني}} 2r_{\text{دائري}}} = \frac{L_{\text{حلزوني}}}{2r_{\text{دائري}}} \rightarrow \frac{B_{\text{دائري}}}{B_{\text{حلزوني}}} = \frac{L_{\text{حلزوني}}}{2r_{\text{دائري}}}$$

(3) في حالة سلك مستقيم موازياً لمحور ملف لولبي ويحمل كل منهما تيارًا (المجالان متعامدان):



$$B_{\text{محور}} = \sqrt{(B_{\text{سلك}})^2 + (B_{\text{ملف}})^2}$$

محصلة كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة تقع على محور الملف اللولبي وتبعد مسافة معينة عن محور السلك

(4) ملف لولبي له قطبان متشابهان

لاحظ

ونلاحظ أن القطب الجنوبي في المنتصف؛ حيث لا توجد في الطبيعة أقطاب منفردة

(5) ملف لولبي حوله ملف دائري

تكون محصلة كثافة الفيض عند مركز الملف الدائري (ومحور الملف الحلزوني) تساوي مجموع كثافتي الفيض لكلا الملفين إذا كان مجاليهما في نفس الاتجاه، وتكون طرحهما إذا كان المجالان في عكس الاتجاه.

متى..؟

يمر تيار مستمر في ملف حلزوني ولا تتولد كثافة فيض عند محوره ؟

- عندما تكون لفاته ملفوفة لفًا مزدوجًا؛ حيث يكون المجال الناتج عن مرور تيار في اتجاه مساوي ومعاكس للمجال الناتج عن مرور التيار في عكس الاتجاه فيلاشي تأثير كل منهما الآخر وتكون المحصلة صفر

قاعدة البريمة اليمنى لماكسويل

- **الاستخدام:**
تستخدم في تحديد اتجاه المجال عند محور ملف حلزوني يمر به تيار كهربي.

- **نص القاعدة (طريقة الاستخدام):**
نضع البريمة عند محور الملف ونجعل اتجاه الدوران مع التيار فيكون اتجاه الاندفاع مشيراً إلى اتجاه المجال المغناطيسي عند مركز الملف.

قاعدة اليد اليمنى لأمبير

- **الاستخدام:**
تستخدم في تحديد اتجاه المجال عند محور ملف لولبي يمر به تيار كهربي، وكذلك تحديد قطبية الملف.

- **نص القاعدة (طريقة الاستخدام):**
عند وضع الأربع أصابع لليد اليمني مع اتجاه التيار في الملف فإن الإبهام يشير إلي اتجاه المجال المغناطيسي عند المحور؛ الوجه الذي يكون فيه الابهام في اتجاه إلى داخل الملف يكون قطباً جنوبياً، والوجه الذي يكون فيه الابهام في اتجاه إلى خارج الملف يكون قطباً شمالياً.

اتجاه المجال عند محور الملف

قاعدة اتجاه حركة عقارب الساعة

- **الاستخدام:**
تحديد قطبية المجال لملف لولبي يمر به تيار كهربي (تحديد نوع القطب في كل من وجهي الملف).

- **نص القاعدة (طريقة الاستخدام):**

الوجه الذي يبدو فيه اتجاه التيار (عند النظر إليه) في اتجاه حركة عقارب الساعة يكون قطباً جنوبيًا S.

الوجه الذي يبدو فيه اتجاه التيار (عند النظر إليه) في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة يكون قطبًا شماليًا N.

"مع ملاحظة أن خطوط الفيض المغناطيسي تخرج من القطب الشمالي وتدخل إلى القطب الجنوبي خارج الملف و العكس داخل الملف"

لاحظ!!

كما يمكن أيضاً استخدام قاعدة البريمة اليمنى في تحديد قطبية المجال لملف لولبي يمر به تيار كهربي كالتالي (باعتبار أن الملف اللولبي يتكون من مجموعة لفات دائرة متحدة المحور):

نضع البريمة عند وجه الملف ونجعل اتجاه الدوران مع التيار إذا كان اندفاعها في اتجاه **إلى داخل** الملف فيكون القطب جنوبياً، وإذا كان الاندفاع في اتجاه إلى خارج الملف فيكون **القطب شمالياً.**

المغناطيسي الكهربي

المغناطيس الكهربي

عبارة عن ملف دائري أو حلزوني ملفوف حول قلب من الحديد المطاوع الذي يتحول بدوره **إلى مغناطيس** عند مرور تيار كهربي في الملف ويفقد مغناطيسيته بمجرد انقطاع التيار الكهربي عن الملف ، **ولزيادة** قوة هذا المغناطيس نزيد عدد لفات الملف أو شدة التيار أو معامل نفاذيته.

يستخدم في:

الأجراس الكهربية - الأوناش المستخدمة في رفع الكتل المعدنية - قاطعات التيار التي تتحكم في فتح أو غلق الدوائر الكهربية عند تيار محدد

مثـــال

يتكون ملف لولبي من 800 لفة ويمر به تيار شدته 0.7 A ، احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة بداخله وتقع على محوره، علمًا بأن طوله 20 cm .

$$B = \frac{\mu N I}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 800 \times 0.7}{0.2} = 3.52 \times 10^{-3}\ \text{Tesla}$$

مثـــال

مثال: احسب شدة التيار الكهربي اللازم لجعل كثافة الفيض المغناطيسي في الملف السابق تساوي 0.815 T في حالة وجود قلب من الحديد بداخله ، علمًا بأن النفاذية المغناطيسية للحديد هي $(\mu_i = 1.63 \times 10^{-2}\ \text{weber} \backslash \text{A.m})$

$$B = \frac{\mu N I}{L} \rightarrow 0.815 = \frac{1.63 \times 10^{-2} \times 800 \times I}{0.2}$$

$$I = \frac{0.815 \times 0.2}{1.63 \times 10^{-2} \times 800} = 0.0125\ A = 12.5\ mA$$

معلومة مش في كتابك

الطيور جوا دماغها شيء زي البوصلة بيقدر يوجهها علشان تقدر تهاجر من قطب للتاني بالإضافة لقدرتها على تذكر الأماكن

ما أجمل أن تحيا عُمرًا غالٍ وثمين .. بعطائك تسمو أيامُك تزدان سنين
لا تسلِ الأيام متى أبدأُ بالتغيير .. الآن الآن فخير الوقت الآن يحين
بادر واستبق الخير ستسعد ذاك يقين

#أعمارنا_أعمالنا

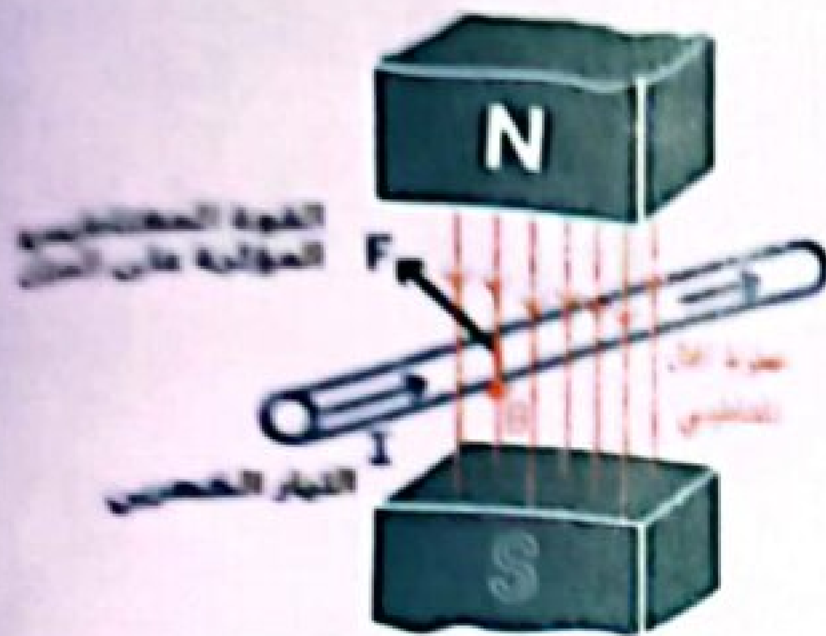
المحاضرة الثالثة

القوة المغناطيسية وعزم الازدواج المغناطيسي

أولاً: القوة المغناطيسية

تجربة

القوة المغناطيسية التي يؤثر بها مجال مغناطيسي منتظم على سلك مستقيم يمر به تيار كهربي وموضوع عمودياً في هذا المجال



- **الخطوات والمشاهدة:**
عند وضع سلك مستقيم يمر به تيار كهربي عمودي على مجال مغناطيسي منتظم فإن السلك يتأثر بقوة مغناطيسية في اتجاه ما وتكون عمودية على السلك وعلى اتجاه المجال المغناطيسي.

- **التفسير:**
١- يتراكب مجال السلك على المجال الخارجي للمغناطيسي.

المجال المؤثر "اتجاه المجال من الغرب للشرق" | مجال السلك "اتجاه التيار عمودي داخل الصفحة" | المحصلة "اتجاه القوة للجنوب"

٢- تختلف كثافة الفيض من منطقة لأخرى حول السلك:
أ- تتولد منطقتان يتعامد فيهما مجال السلك مع المجال الخارجي ويتساوى توزيع المجال فيهما على جانبي السلك فلا يؤثر على حركته.
ب- منطقة تتزاحم فيها خطوط الفيض المغناطيسي (لأن مجال السلك والمجال الخارجي في نفس الاتجاه).
ج- منطقة تقل فيها محصلة كثافة الفيض المغناطيسي (لأن مجال السلك والمجال الخارجي في عكس الاتجاه).
٣- فيتأثر السلك بقوة تحركه من المنطقة ذات كثافة الفيض الأكبر إلى المنطقة ذات كثافة الفيض الأقل ويكون اتجاه هذه القوة متوقفًا على اتجاهي التيار والمجال.

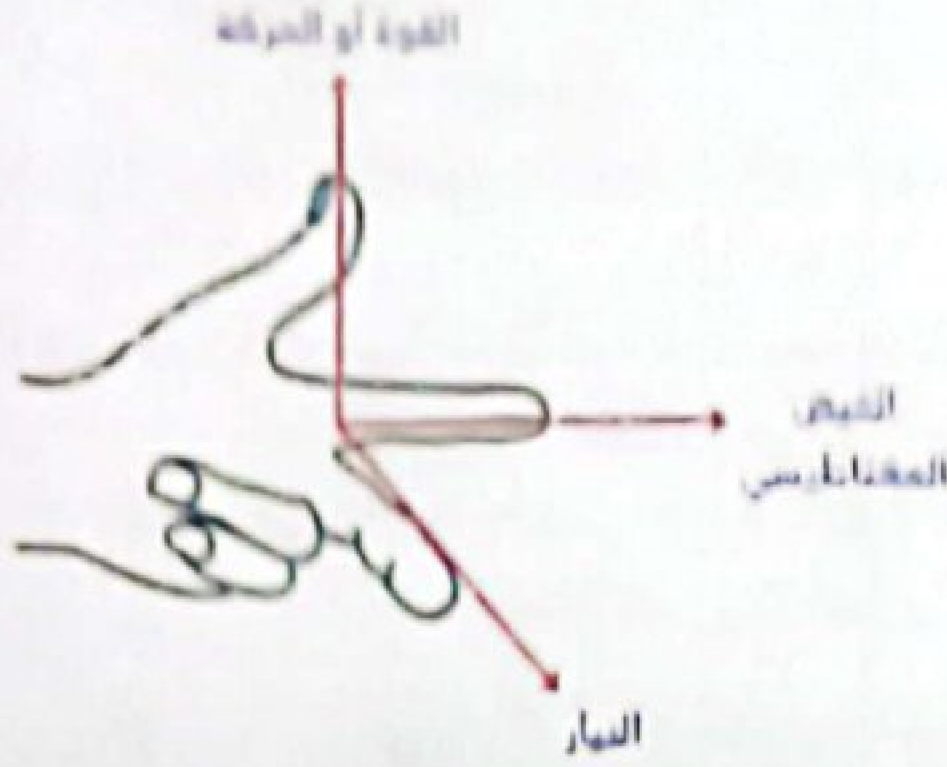
قاعدة اليد اليسرى لفلمنج

- **الاستخدام:**

تستخدم في تحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار كهربي وموضوع عموديًا على اتجاه مجال مغناطيسي.

- **نص القاعدة (طريقة الاستخدام):**

اجعل الإبهام والسبابة والوسطى في اليد اليسرى متعامدة؛ فإذا كانت السبابة تشير لاتجاه الفيض والوسطى يشير لاتجاه التيار فإن الإبهام يشير لاتجاه القوة المغناطيسية وبالتالي لاتجاه حركة السلك.



لاحظ!!

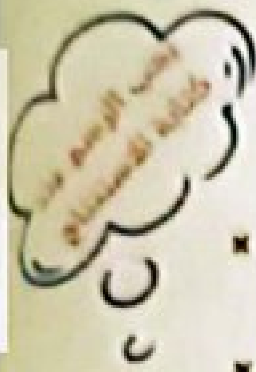
يمكن عكس اتجاه القوى وبالتالي اتجاه حركة السلك بإحدى الطريقتين:

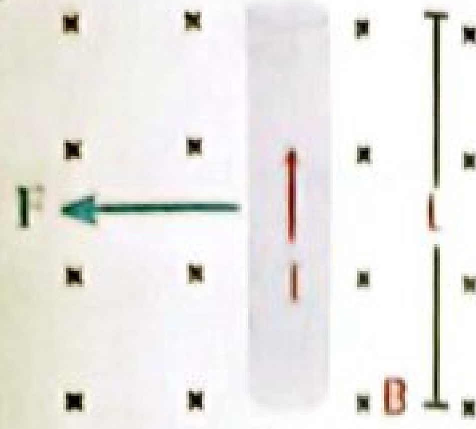
١- عكس اتجاه التيار الكهربي في السلك.
٢- عكس اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر على السلك.

أمثلة لتطبيق قاعدة اليد اليسرى لفلمنج وتحديد اتجاه القوة المغناطيسية

المجال للغرب، التيار للشمال FB للخارج	المجال للشمال التيار للخارج القوة FB للغرب	المجال عمودي للخارج التيار للغرب القوة FB للشمال
المجال للشمال التيار للشرق القوة FB للخارج	المجال للشرق التيار للداخل القوة FB للجنوب	المجال عمودي للداخل التيار للشمال القوة FB للغرب

استنتاج قانون القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار كهربي وموضوع في مجال مغناطيسي





تتوقف القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار كهربي وموضوع في مجال مغناطيسي على عدة عوامل هي:

١- طول السلك "L" (المعرض للمجال): فالقوة تتناسب طرديًا مع طول السلك L أي أن $F \alpha L$.

٢- شدة التيار الكهربي "I": فالقوة F تتناسب طرديًا مع شدة التيار الكهربي المار في السلك I أي أن $F \alpha I$.

٣- كثافة الفيض المغناطيسي "B": فالقوة F تتناسب طرديًا مع كثافة الفيض المغناطيسي B أي أن $F \alpha B$.

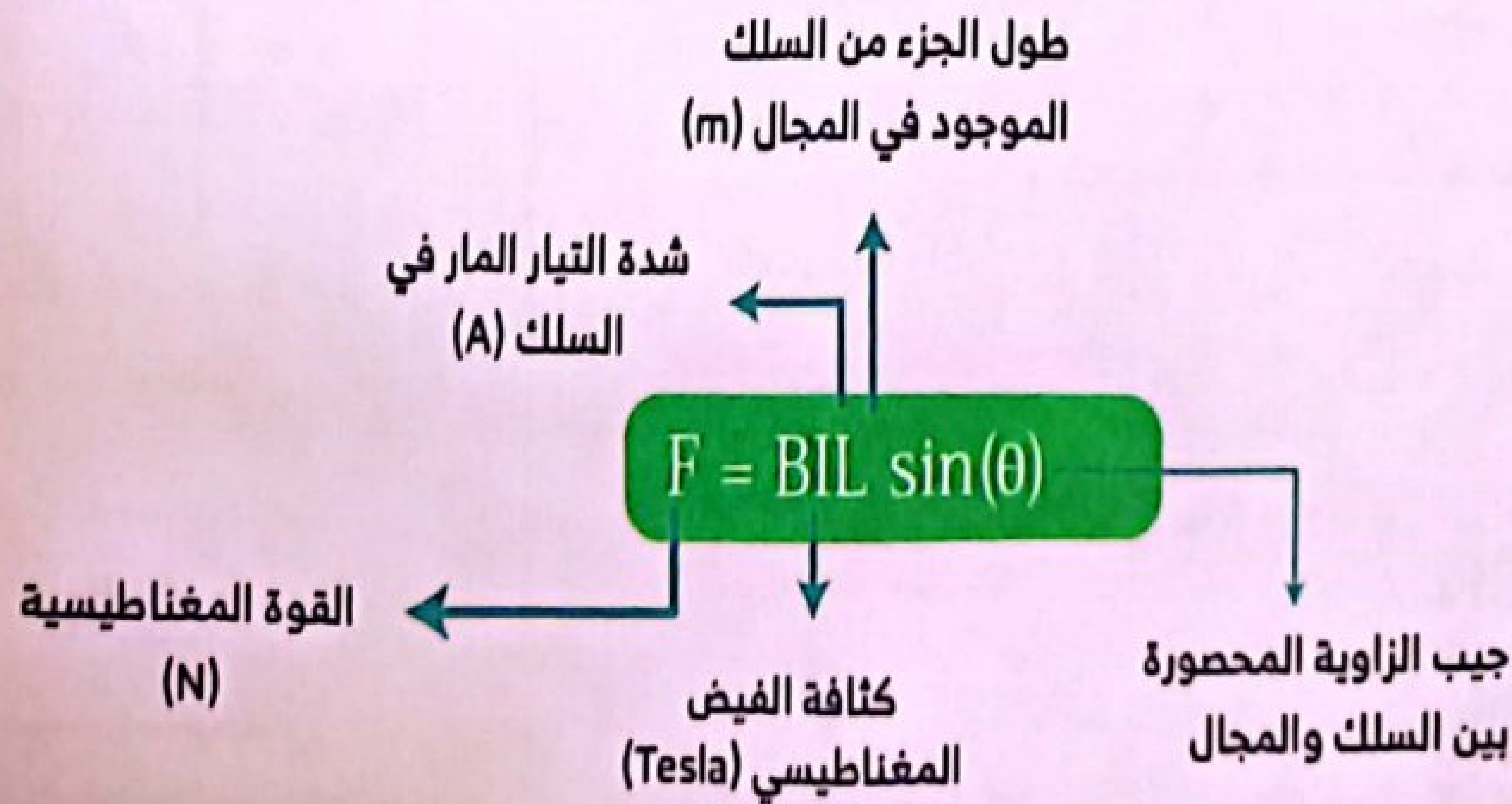
وبذلك يكون: $F \alpha BIL \therefore F = const.BIL \rightarrow F = BIL$

جيب الزاوية المحصورة بين السلك واتجاه المجال، وإذا كان السلك يصنع زاوية θ مع الفيض يكون:

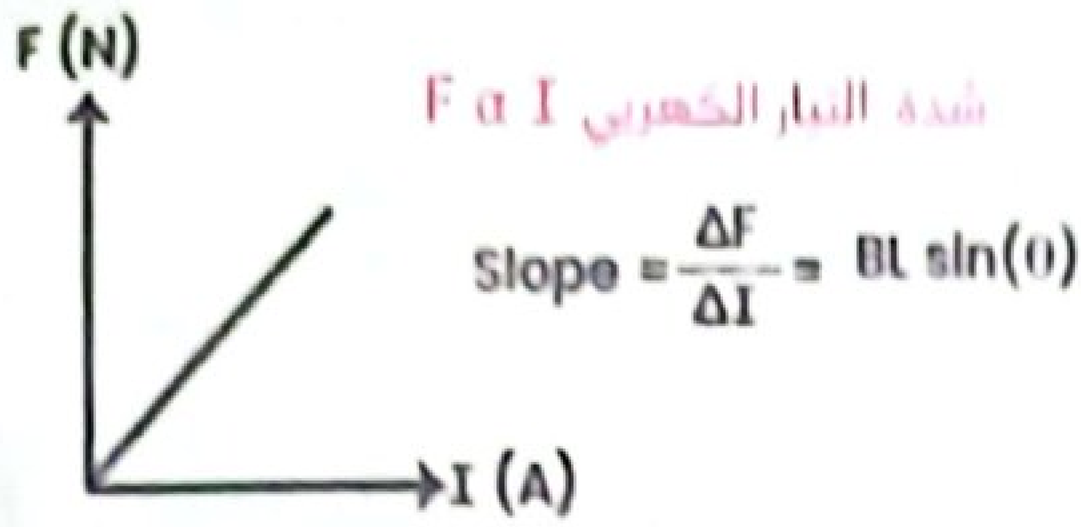
$$F = BIL \sin(\theta)$$

حساب القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم موضوع في مجال مغناطيسي

تتعين القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك يمر به تيار كهربي شدته I وطوله L وموضوع في فيض كثافته B بحيث يميل السلك على خطوط الفيض بزاوية θ من العلاقة:

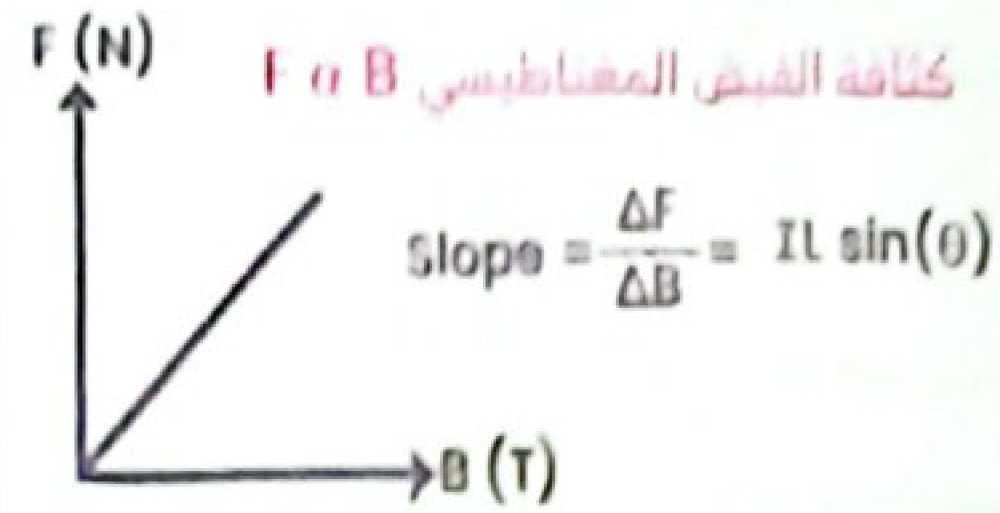


العوامل التي تتوقف عليها القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك يمر به تيار كهربي وموضوع في مجال مغناطيسي



شدة التيار الكهربي $F \alpha I$

$Slope = \frac{\Delta F}{\Delta I} = BL \sin(\theta)$

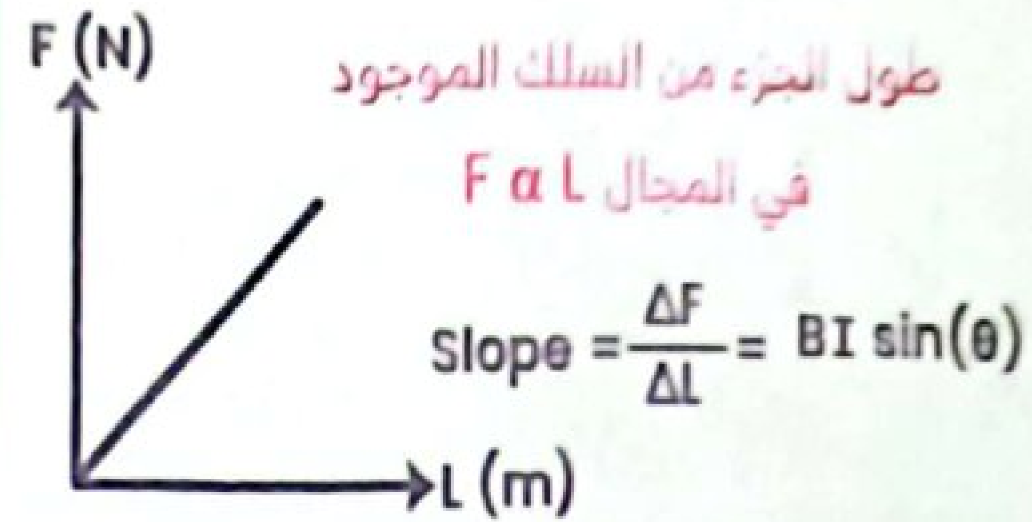


كثافة الفيض المغناطيسي $F \alpha B$

$Slope = \frac{\Delta F}{\Delta B} = IL \sin(\theta)$

جيب الزاوية المحصورة بين السلك والمجال $F \alpha \sin(\theta)$

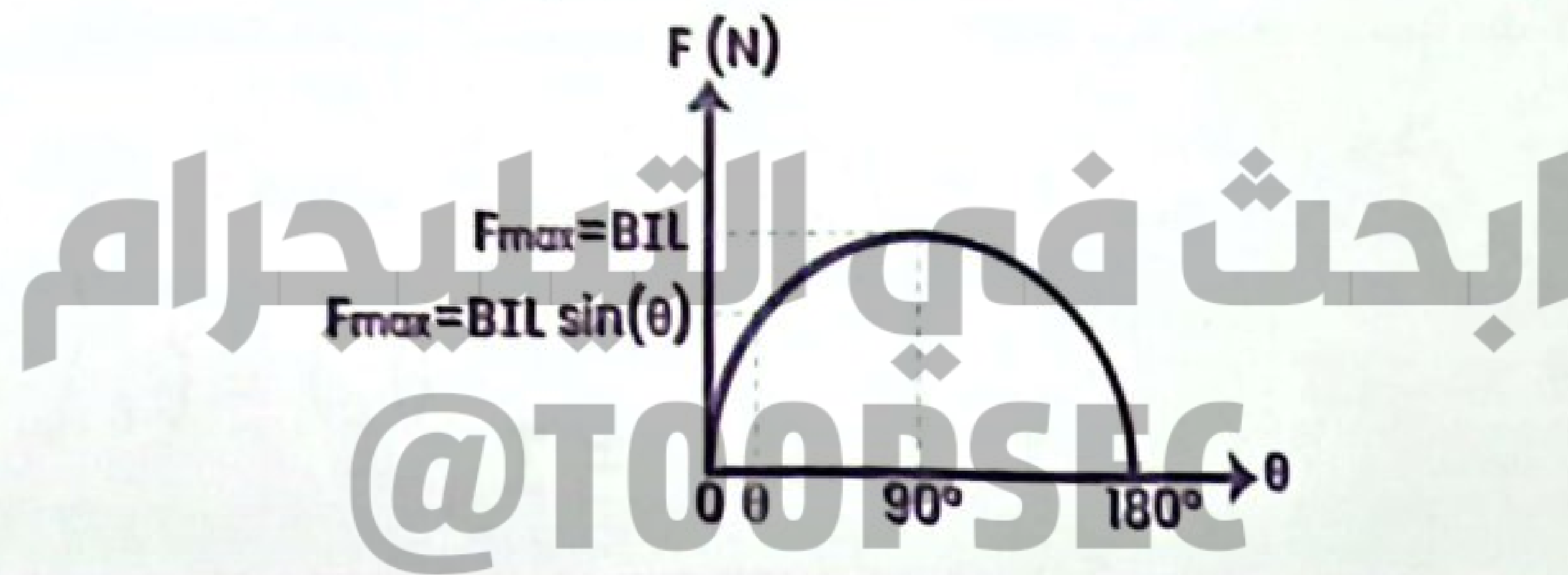
$Slope = \frac{\Delta F}{\Delta \sin(\theta)} = BIL$



طول الجزء من السلك الموجود في المجال $F \alpha L$

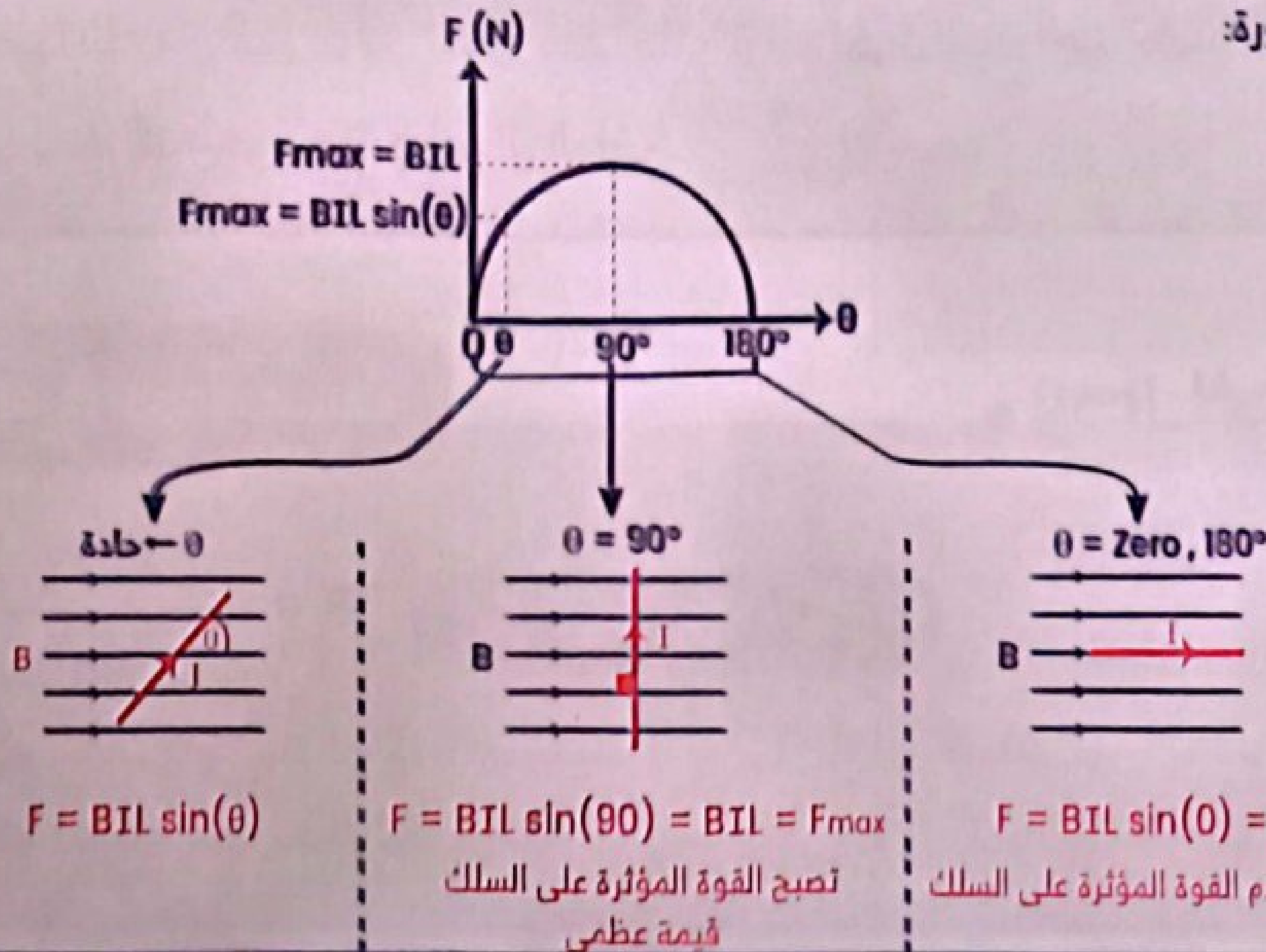
$Slope = \frac{\Delta F}{\Delta L} = BI \sin(\theta)$

أو الزاوية التي يصنعها السلك مع المجال بدءاً من الوضع الموازي خلال نصف دورة (علاقة جيبية)



لاحظ!!

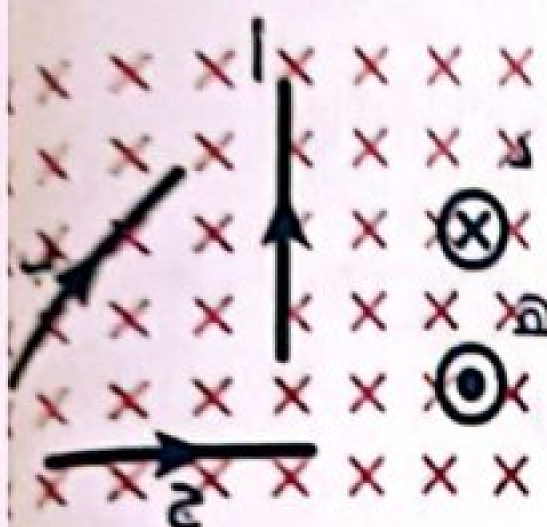
علاقة القوة المغناطيسية مع الزاوية التي يصنعها السلك مع المجال بدءاً من الوضع الموازي خلال نصف دورة:



١٢ علل عند وضع سلك مستقيم داخل محور ملف حلزوني بحيث يكون موازي له وإمرار تيار في كل منهما فإن السلك لا يتأثر بقوة مغناطيسية

لأن السلك عندئذ يكون موازيًا لخطوط المجال المغناطيسي عند محور الملف وبالتالي فإن 0=0 أو 180 = θ لذلك تكون (F=BIL Sin(θ تساوي صفرًا

أمثلة للقوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم موضوع في مجال مغناطيسي



$(F_B)_{ا} = (F_B)_{ب} = (F_B)_{ج}$

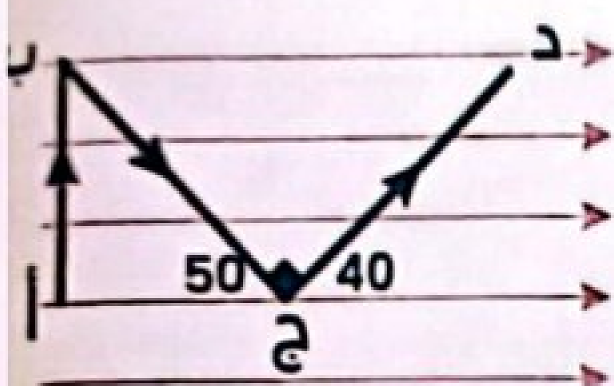
لأنهم متساويين في B ، L ، I
وكلهم متعامدين على المجال
$\theta = 90$

$(F_B)_{د} = 0$

لإن θ بين السلك والمجال = zero

$(F_B)_{هـ} = 0$

لإن θ بين السلك والمجال = 180



$F_B = BI\,(l\sin\theta)$

$B_{اب} = B_{بج} = B_{جد}$

$I_{اب} = I_{بج} = I_{جد}$

اب = ب ج = ج د ⟵ $(l\sin\theta)$ الارتفاع العمودي

$(F_B)_{ا} = (F_B)_{ب} = (F_B)$

لاحظ!!

عند وضع سلك مستقيم موازي لمحور ملف حلزوني --> تكون القوة المغناطيسية المؤثرة بصفر لأنه يكون موازي لمجال الملف $\theta = 0$ أو 180

كثافة الفيض المغناطيسي

$$B = \frac{F_B}{IL\sin(\theta)}$$

ووحدتها Tesla = N/A.m

كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة B

تقدر بالقوة المغناطيسية المؤثرة عموديًا على سلك مستقيم يمر به تيار كهربي شدته 1A وطوله 1m وموضوع عموديًا عند تلك النقطة.

عرف

التسلا

هي كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة والتي إذا وُضع عموديًا عندها سلك مستقيم طوله 1m وتياره 1A لتأثر بقوة مغناطيسية عمودية مقدارها 1N

عرف

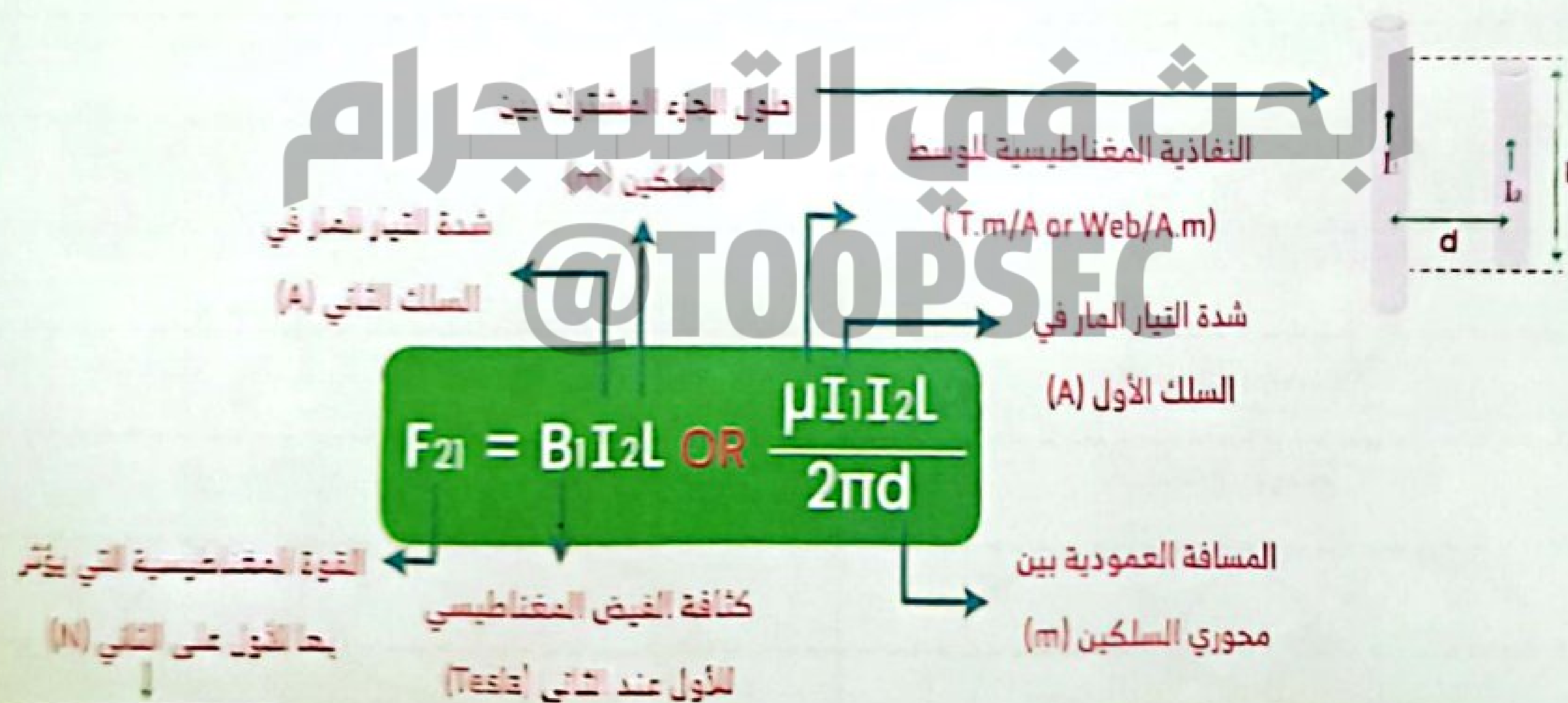
ما معنى قولنا أن كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة 0.4 N/A.m

معنى ذلك أنه عند وضع سلك مستقيم طوله 1m وتياره 1A عموديًا عند تلك النقطة لتأثر بقوة مغناطيسية عمودية قدرها 0.4N

⚠ لاحظ أن الإجابة تكون تبعاً للوحدة في السؤال

حساب القوة المتبادلة بين سلكين متوازيين يحملان تيارين

تتعين القوة المغناطيسية المتبادلة بين سلكين متوازيين يحملان تيارين من العلاقة:



ملاحظـات!!

- مقدار القوة التي يؤثر بها الأول على الثاني تساوي القوة التي يؤثر بها الثاني على الأول (مهما كانت تياراتهما)
- اتجاه القوة التي يؤثر بها الأول على الثاني (عكس) اتجاه القوة التي يؤثر بها الثاني على الأول.
- ما حدث بين السلكين ليس اتزان بل هو فعل ورد فعل لذلك فالمحصلة بينهما ليست صفر.

فجهدُ بكدٍ كأن لم يُخلَق التوفيقُ ...
ومن بعدُ فدُعاءٌ لتوفيقٍ كأن لم يُخلَق الجُهد

$$F_{2,1} = B_1 I_2 L \sin(90)$$

$$F_{2,1} = \frac{\mu I_1}{2\pi d} I_2 L$$

$$\therefore F_{2,1} = \frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

$$F_{1,2} = B_2 I_1 L \sin(90)$$

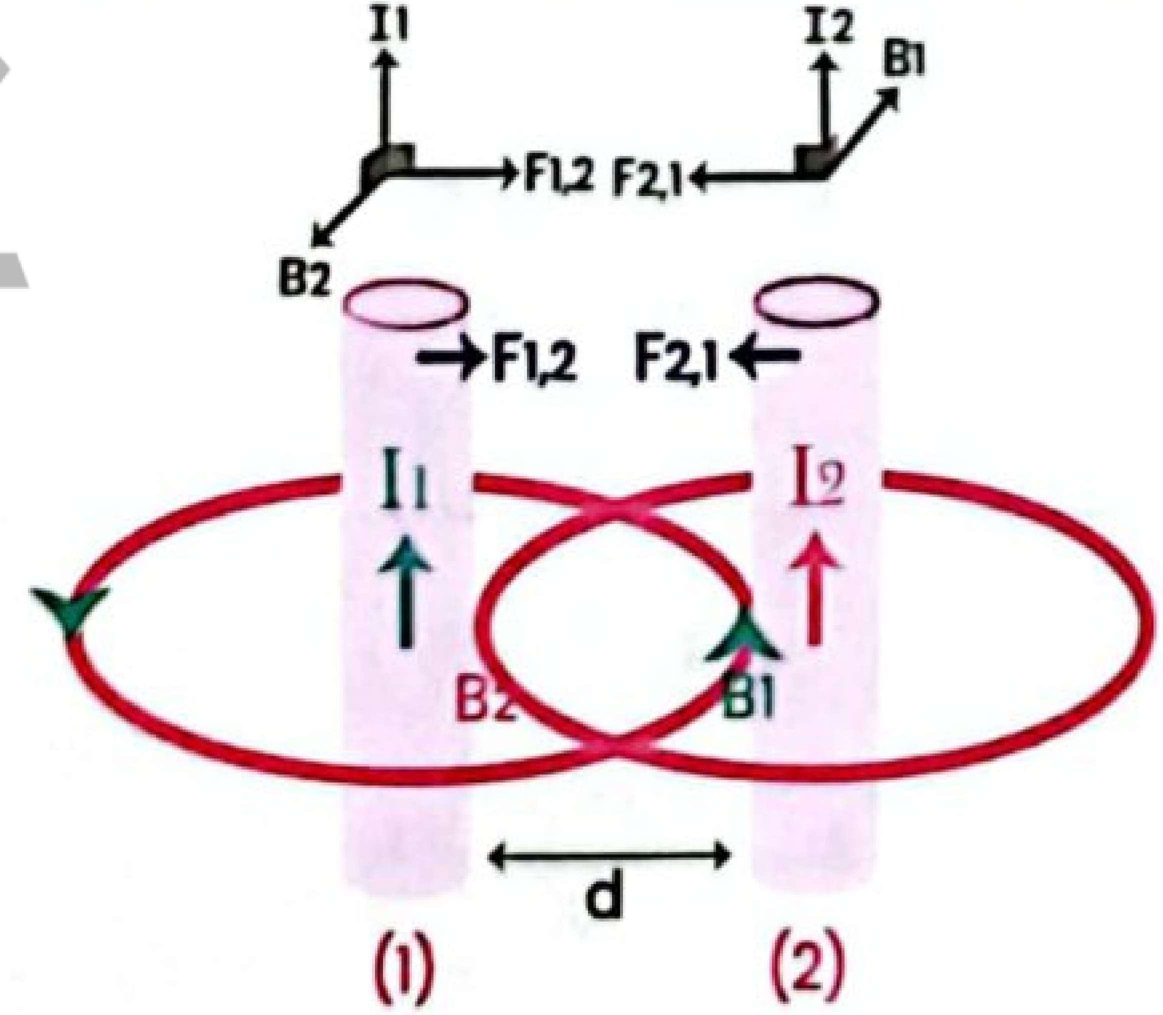
$$F_{1,2} = \frac{\mu I_2}{2\pi d} I_1 L$$

$$\therefore F_{1,2} = \frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

$$F_{1,2} = F_{2,1}$$

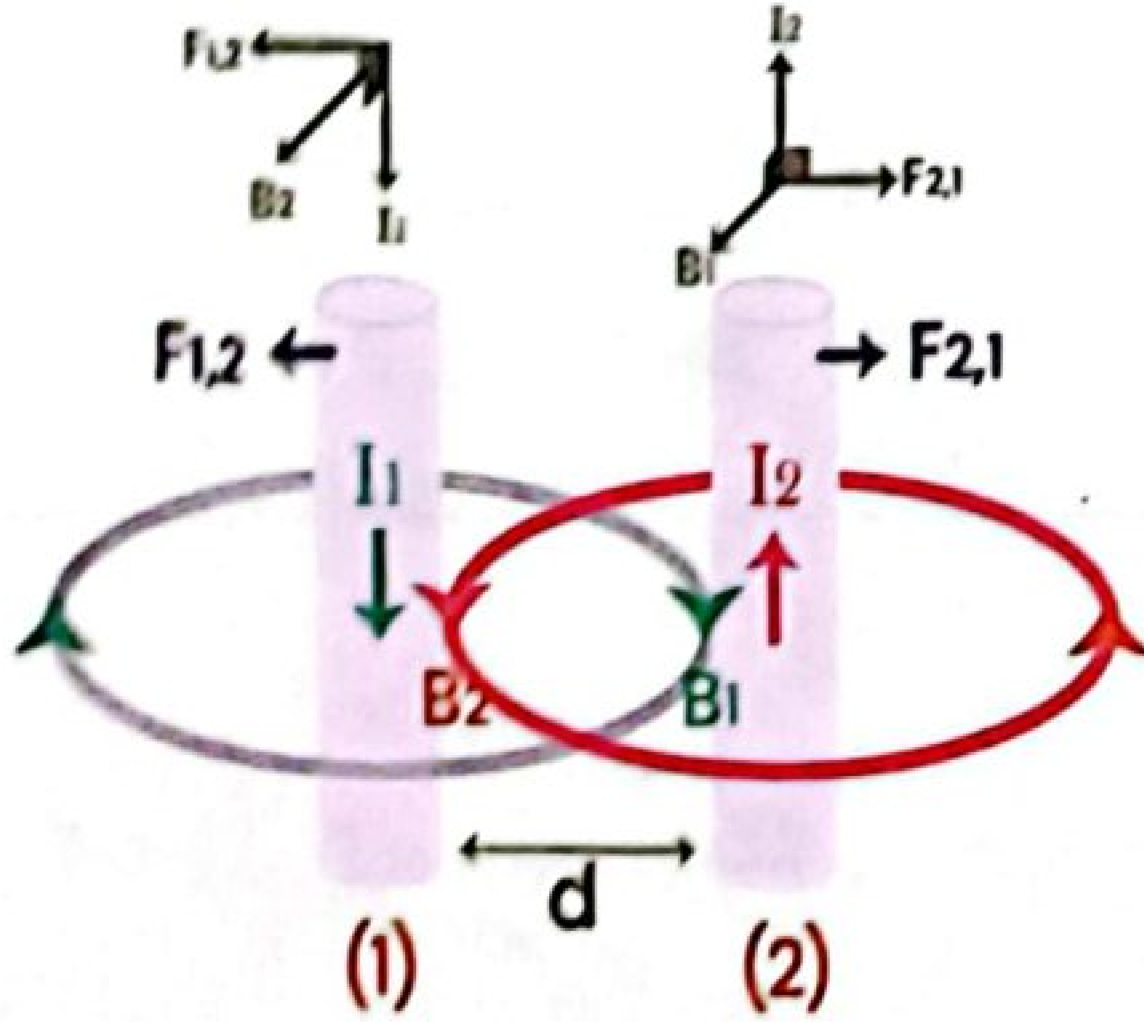
القوة المتبادلة بين السلكين متساوية، ويتوقف نوعها (تجاذب/تنافر) على اتجاه التيار في كل منهما

إذا كان التياران في نفس الاتجاه تكون القوة المتبادلة قوة تجاذب



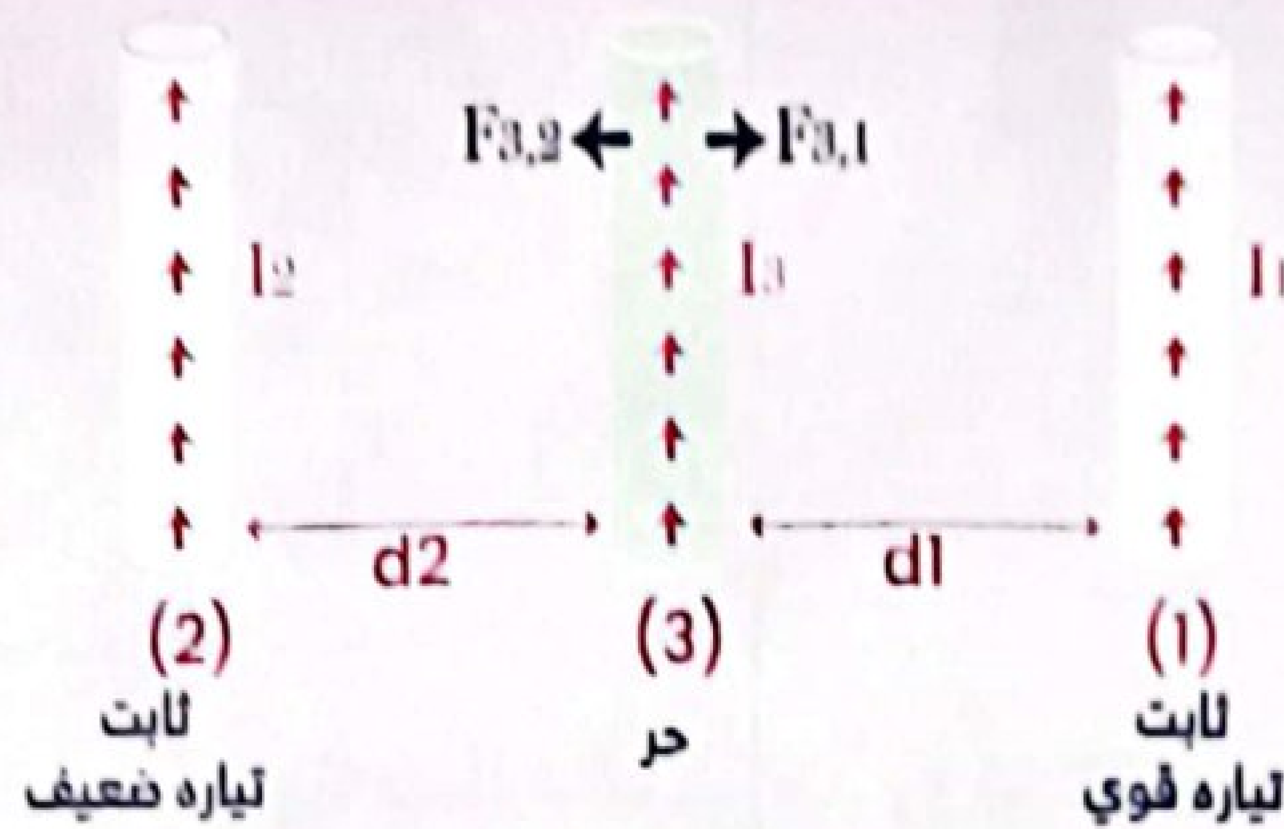
لأن محصلة كثافة الفيض خارج السلكين أكبر من محصلة كثافة الفيض بينهما فتتولد قوة مغناطيسية تحرك السلكين من الموضع الأعلى في كثافة الفيض (الخارج) إلى الموضع الأقل في كثافة الفيض (الداخل) فيتجاذبا.

إذا كان التياران في عكس الاتجاه تكون القوة المتبادلة قوة تنافر



لأن محصلة كثافة الفيض بين السلكين أكبر من محصلة كثافة الفيض خارجهما فتتولد قوة مغناطيسية تحرك السلكين من الموضع الأعلى في كثافة الفيض (الداخل) إلى الموضع الأقل في كثافة الفيض (الخارج) فيتنافرا.

مقارنة بين القوة المتبادلة بين ثلاثة أسلاك متوازية يحملون جميعاً تيار كهربي

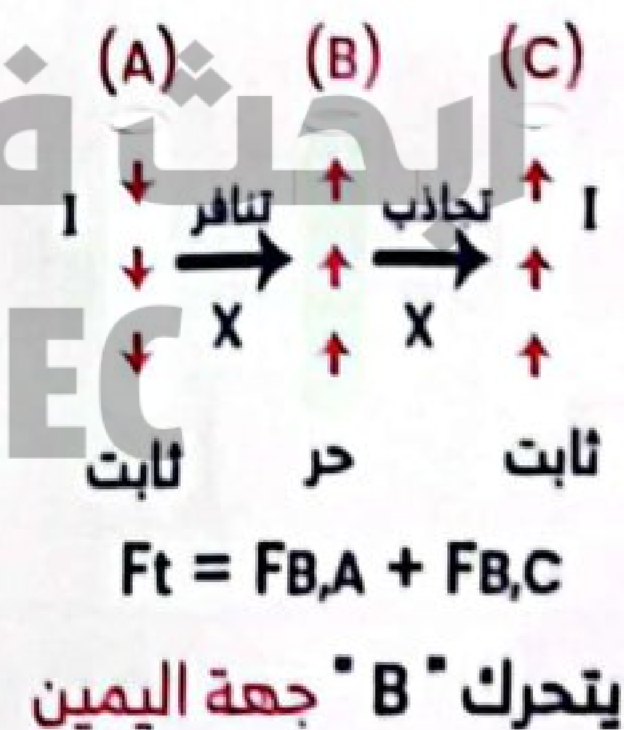


- هناك طريقتان لإيجاد محصلة القوة المؤثرة على السلك I3:

1) $B_t = B_1 - B_2 = \frac{\mu}{2\pi}\left(\frac{I_1}{d_1} - \frac{I_2}{d_2}\right) \rightarrow F_t = B_t I_3 L$

2) $F_t = F_{3,1} - F_{3,2} = \frac{\mu I_1 I_3 L}{2\pi d_1} - \frac{\mu I_2 I_3 L}{2\pi d_2} \rightarrow F_t = \frac{\mu I_3 L}{2\pi}\left(\frac{I_1}{d_1} - \frac{I_2}{d_2}\right)$ (الأفضل)

أمثلة

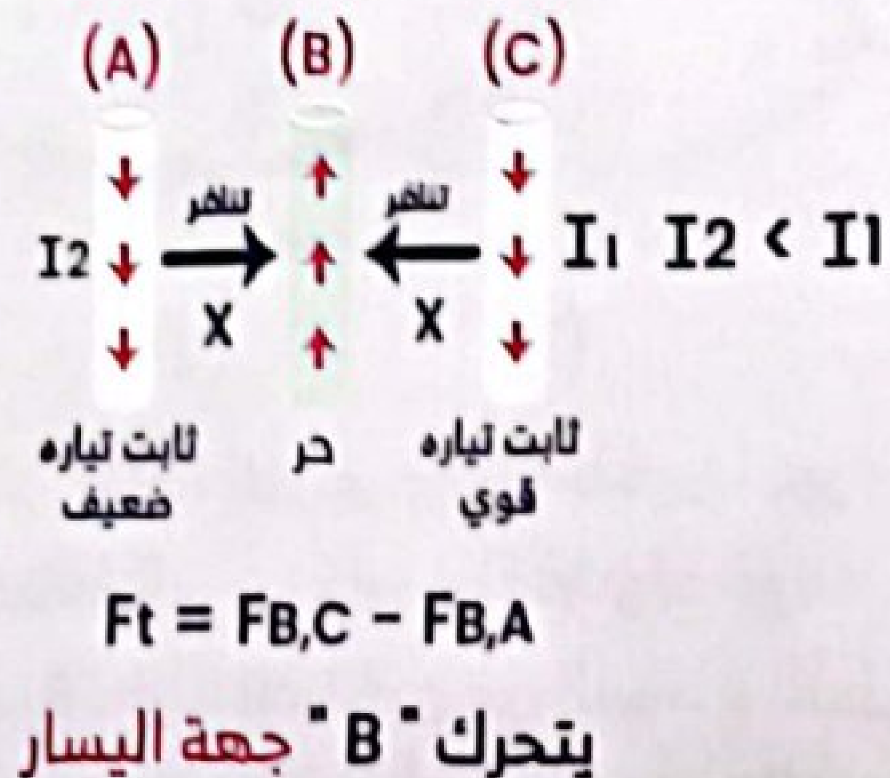


$F_t = F_{B,A} + F_{B,C}$

يتحرك " B " جهة اليمين

$F_t = F_{A,B} + F_{A,C}$

يتحرك " A " جهة اليسار



$F_t = F_{B,C} - F_{B,A}$

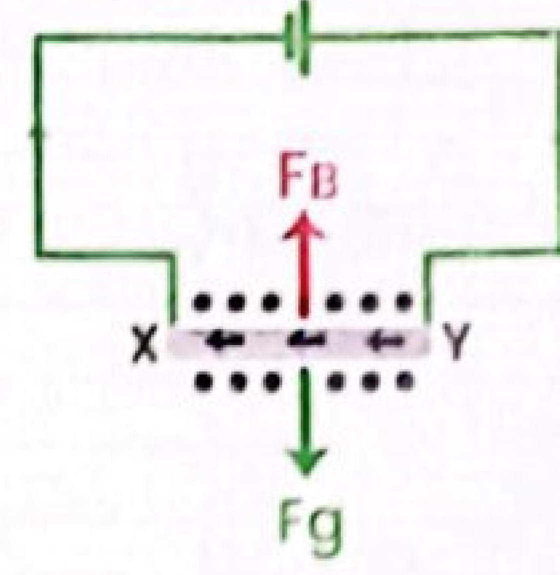
يتحرك " B " جهة اليسار

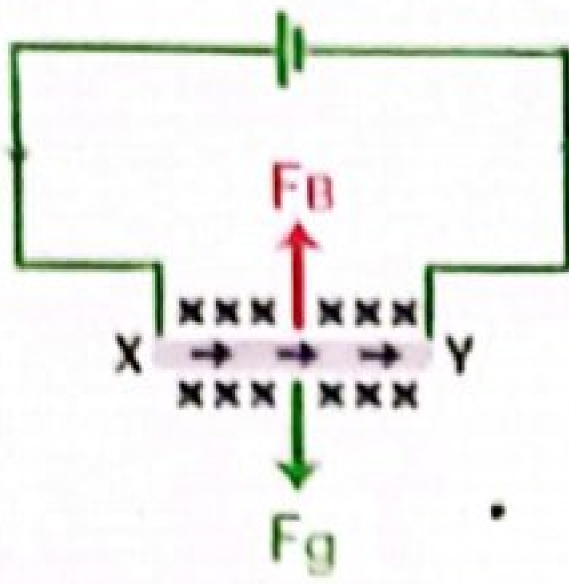
$F_t = F_{B,A} - F_{B,C} = 0$

لا يتحرك السلك

الاتزان (السلك المعلق أفقياً)

بتأثير مجال خارجي





لكي يتزن السلك المعلق تؤثر عليه بقوة مغناطيسية لأعلى عن طريق التأثير بمجال مغناطيسي خارج الصفحة

لكي يتزن السلك المعلق تؤثر عليه بقوة مغناطيسية لأعلى عن طريق التأثير بمجال مغناطيسي داخل الصفحة

$$F_B = F_g$$

$$BIL = m_{\text{سلك}}\, g = \rho\, Vol_{\text{سلك}}\, g = \rho\, ALg = \rho\, (\pi r^2)\, Lg$$

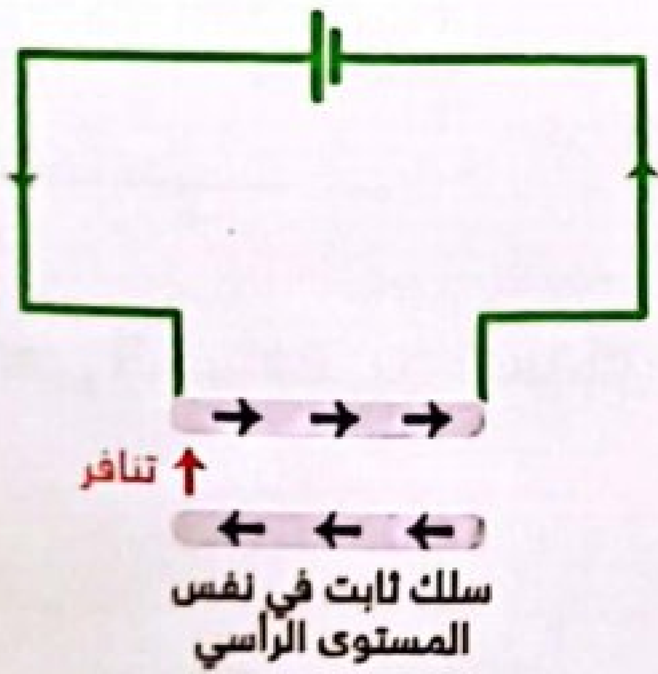
بإزالة (طول السلك) L من طرفي المعادلة يكون (إذا لم يعطى L في السؤال):

$$BI = \rho A g = \rho (\pi r^2) g$$

بتأثير مجال سلك آخر

التياران في نفس الاتجاه

التياران في عكس الاتجاه



يمكن عمل اتزان بقوة تنافر أو تجاذب باستخدام سلك موازٍ للسلك الحر وفي مستوى رأسي واحد ويكون:

$$F_B = F_g$$

$$BIL = \mu \frac{I_1 I_2 L}{2\pi d} = mg = \rho Vol\, g = \rho ALg = \rho(\pi r^2)Lg$$

مثال

سلك طوله 30cm يمر به تيار شدته 4A وُضع عموديًا على اتجاه مجال مغناطيسي فتأثر بقوة مقدارها 6N احسب كثافة الفيض المغناطيسي، ثم احسب القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي على نفس السلك عندما تكون الزاوية بينهما 30°.

A) $F_B = BIL \longrightarrow 6 = B\times4\times0.3 \quad \therefore B = \frac{6}{4\times0.3} = \frac{6}{1.2} = 5T$

B) $F_B = BIL\sin(\theta) = 5\times4\times0.3\times\sin(30) = 3N$

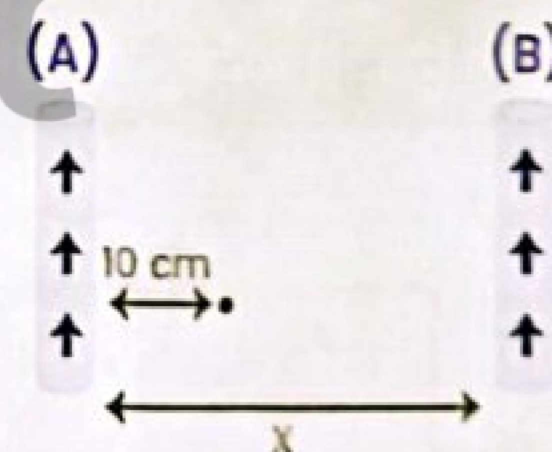
مثال

سلكان متوازيان A,B يمر بالسلك A تيار شدته 5A وبالسلك B تيار شدته 8A فإذا وُضعت إبرة مغناطيسية بين السلكين وعلى بعد 10cm من السلك A ولم تنحرف. فهل التياران في اتجاه واحد أم في اتجاهين متضادين؟ ولماذا؟ ، ثم احسب:

1- المسافة بين السلكين.

2- القوة المؤثرة على سلك ثالث c طوله 2m ويمر به تيار شدته 2A موضوع مكان الإبرة إذا عُكس اتجاه التيار في أحد السلكين.

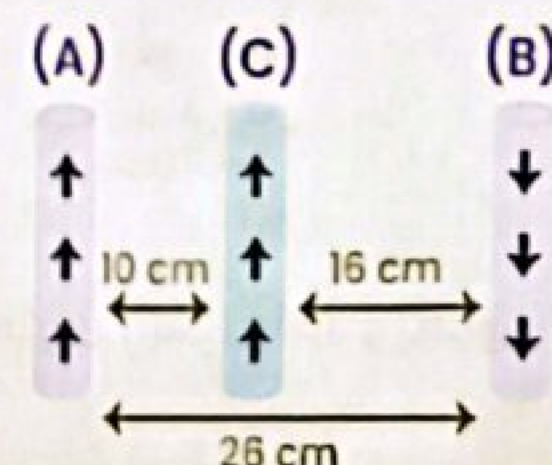
السلكان في اتجاه واحد، حتى يكون اتجاه الفيض الناشئ عن أحد السلكين مضاد لاتجاه الفيض الناشئ عن السلك الآخر حيث إن الإبرة موضوعة بين السلكين وليس خارجهما.



1) $B_A = \frac{\mu I_A}{2\pi d_A} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times5}{2\pi\times0.1} = 10^{-5}\,T$

$B_B = \frac{\mu I_B}{2\pi d_B} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times8}{2\pi\times(X-0.1)}$

$B_B = B_A \longrightarrow \frac{4\pi\times10^{-7}\times8}{2\pi\times(X-0.1)} = 10^{-5} \quad \therefore X = 26\,cm$ (حيث X هى المسافة بين السلكين)



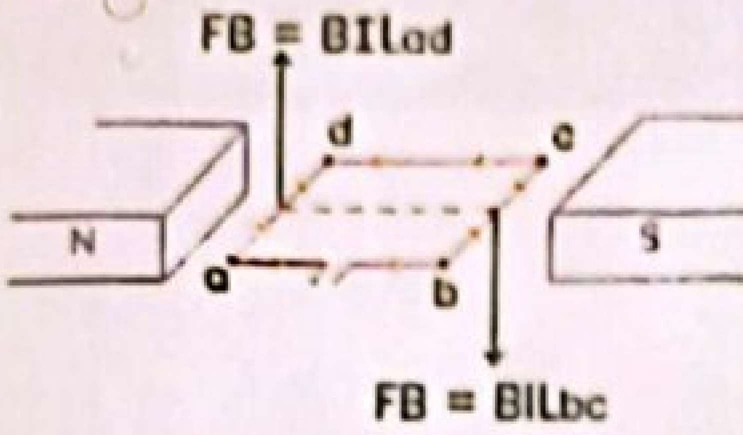
2) $F_t = B_t I_c L = (2\times10^{-5})\times2\times2 = 8\times10^{-5}\,N$

"I was a foolish little child, Crazy things I used to do
And all the pain I put you through, Mama now I'm here for you ..
#Number_one_for_me"

ثانيا: عزم الازدواج المغناطيسي

استنتاج قانون عزم الازدواج المؤثر على ملف مستطيل يمر به تيار كهربي وقابل للدوران حول محور موازي لطوله في مجال مغناطيسي منتظم

- إذا وُضع ملف abcd يمر به تيار كهربي في مجال مغناطيسي منتظم بحيث يكون مستوى الملف موازيًا لخطوط الفيض فإن:



- الضلع ab موازٍ للمجال $\theta = 0$، والضلع cd موازٍ للمجال $\theta = 180^\circ$ إذن الضلعان ab , cd لا يتأثران بقوة مغناطيسية (في هذا الموضع).
- الضلع ad تياره عمودي خارج الصفحة فيتأثر بقوة مغناطيسية لأعلى، والضلع bc تياره عمودي داخل الصفحة فيتأثر بقوة مغناطيسية لأسفل.

إذن الملف يتعرض لقوتين متساويتين في المقدار ومتضادتين في الاتجاه لا تعملان على خط عمل واحد أي يتأثر الملف بازدواج يمكن حساب عزمه كما يلي:

عزم الازدواج (τ) = إحدى القوتين (F) × البُعد العمودي بينهما (d)

$$\tau = F.d$$
$$\tau = BIl_{ad}.l_{ab}$$
$$\tau = BIA$$

- ولعدد N من اللفات:

$$\tau = BIAN$$

(وذلك عندما يكون مستوى الملف موازياً للمجال)

- وإذا كان مستوى الملف يصنع زاوية θ مع العمودي على المجال فإن:

$$\tau = BIAN \sin(\theta)$$

معلومة مش في كتابك

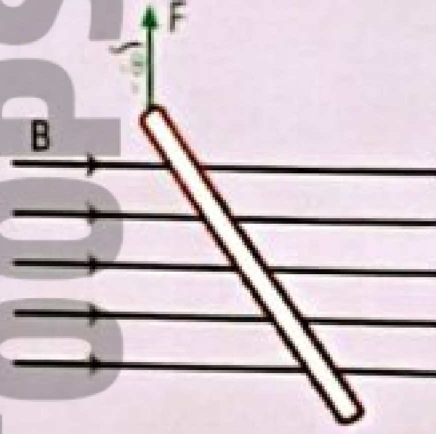
بعض النجوم بعد ما تموت بتتعامل معاملة مغناطيس عملاق جدا ليها مجال مغناطيسي بيعدي 10 بيليون تسلا وده يعتبر أقوى مغناطيس في العالم بتاعنا

$$\tau = BIAN \sin(\theta)$$

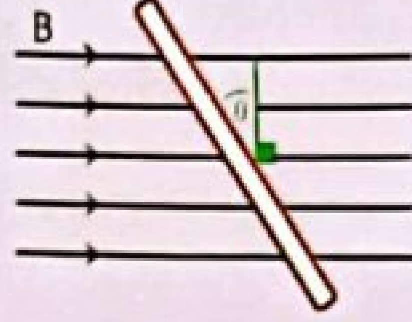
- عزم الازدواج المغناطيسي (N.m) ← τ
- مساحة وجه الملف (m^2) ← A
- جيب الزاوية المحصورة بين الملف والعمودي على المجال ← $\sin(\theta)$

● حيث θ :

الزاوية المحصورة بين مستوى الملف وخط عمل القوة.

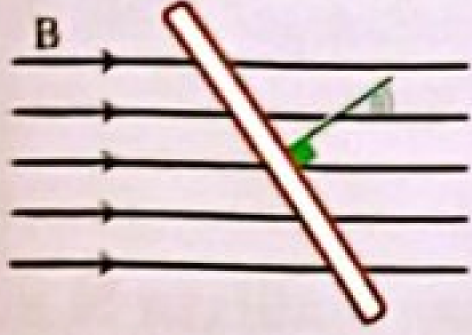


أو الزاوية المحصورة بين مستوى الملف والعمودي على المجال.

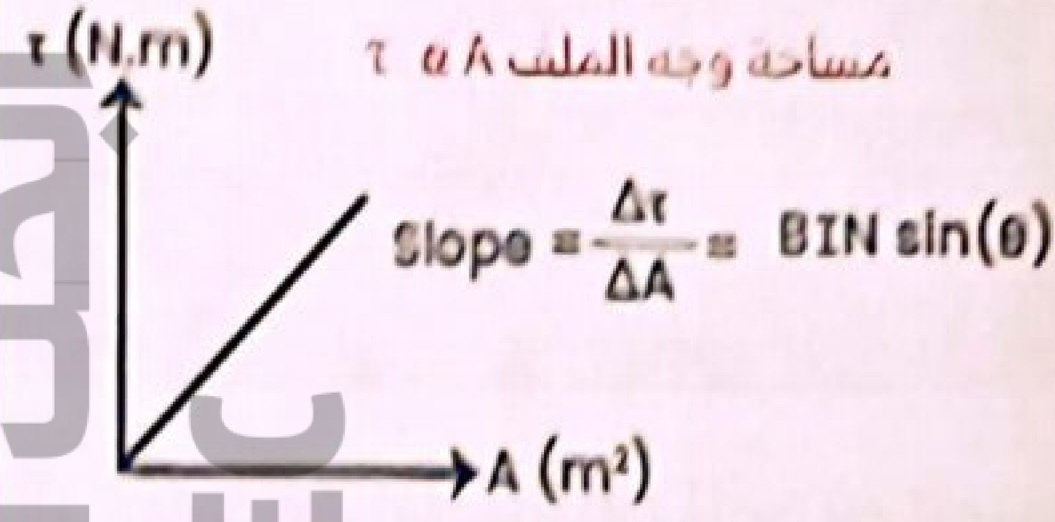


أو الزاوية المحصورة بين العمودي على الملف والمجال.

أو الزاوية المحصورة بين اتجاه عزم ثنائي القطب (اتجاه الملف) والمجال.

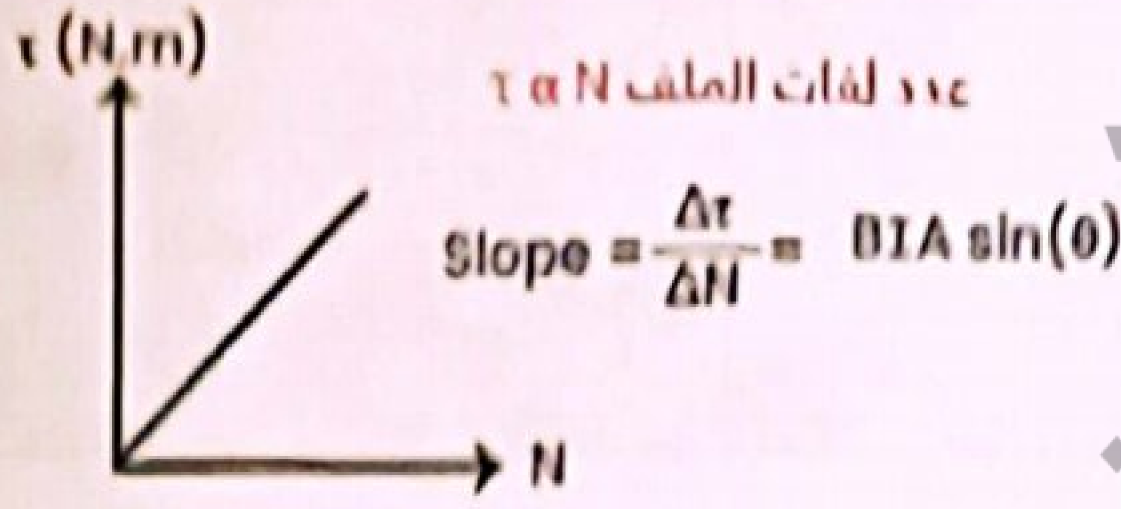


مساحة وجه الملف $\tau \propto A$



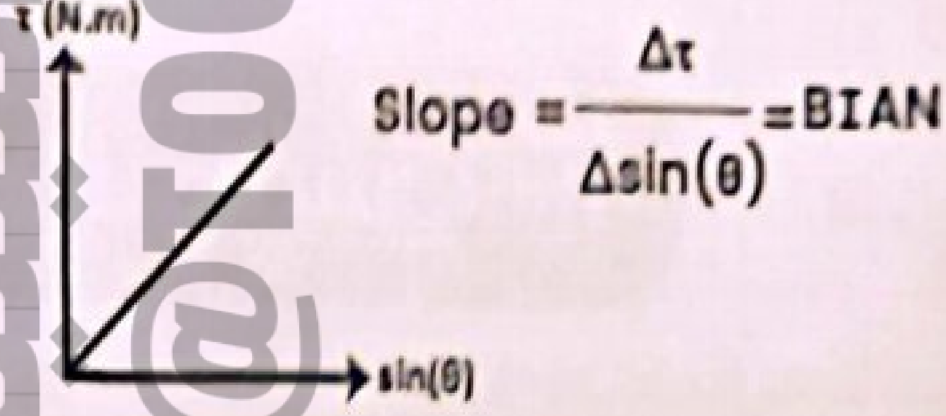
$$Slope = \frac{\Delta\tau}{\Delta A} = BIN\sin(\theta)$$

عدد لفات الملف $\tau \propto N$



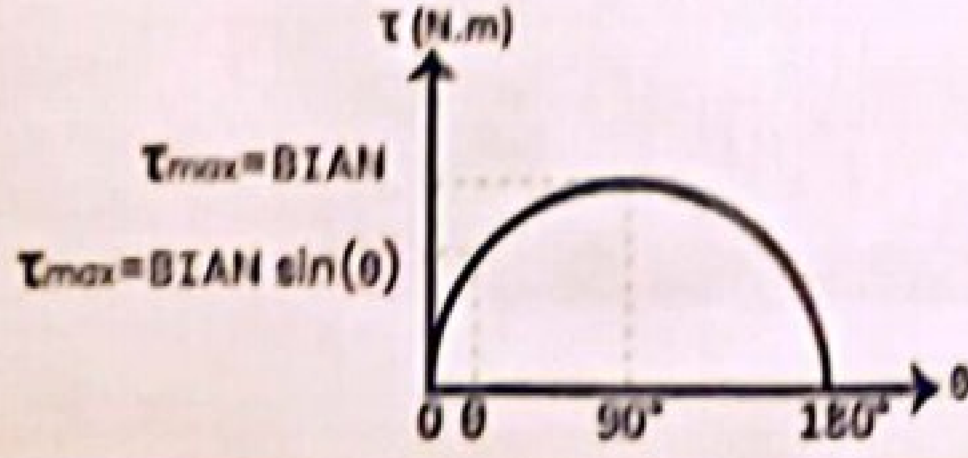
$$Slope = \frac{\Delta\tau}{\Delta N} = BIA\sin(\theta)$$

جيب الزاوية المحصورة بين الملف والعمودي على المجال $\tau \propto \sin(\theta)$



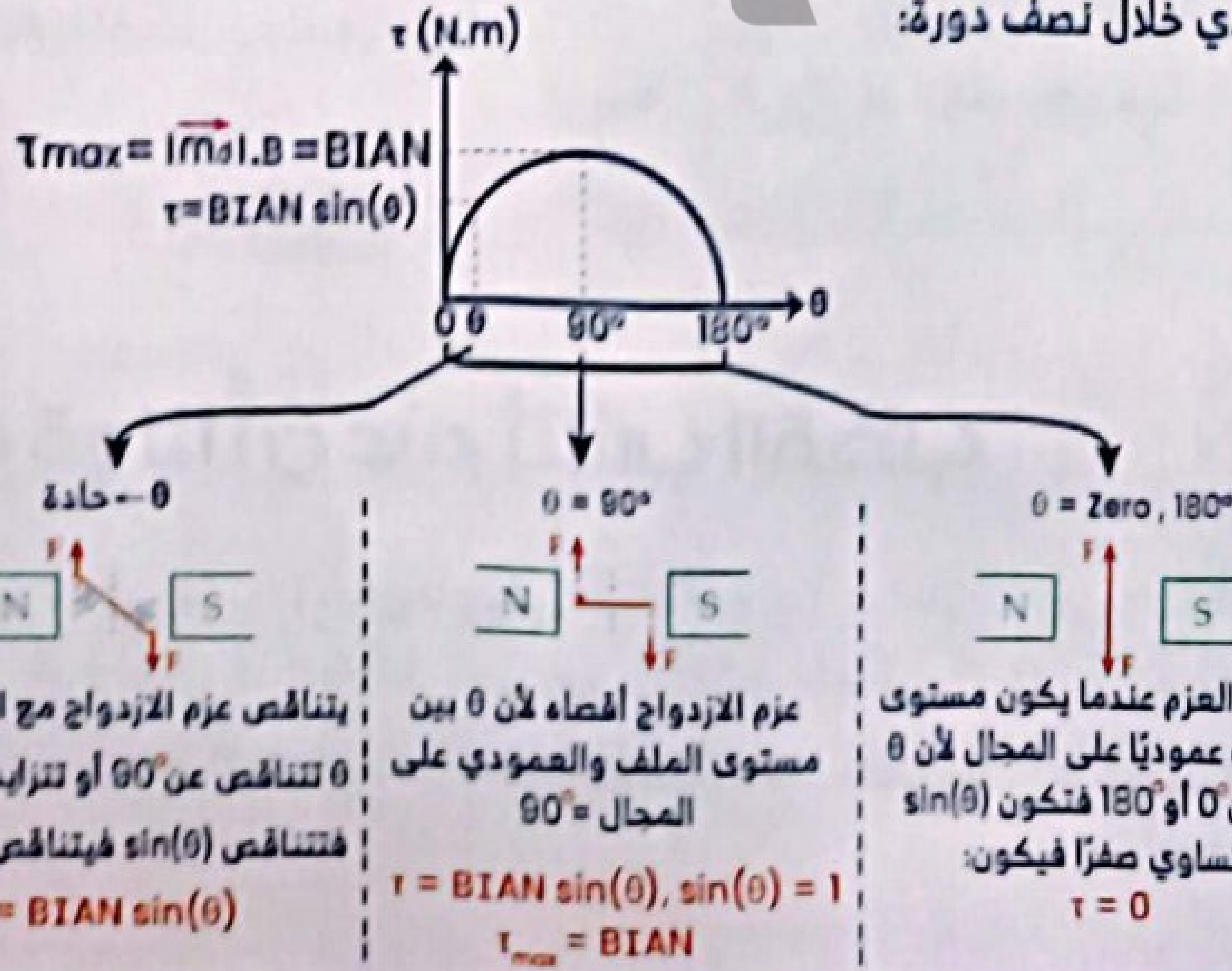
$$Slope = \frac{\Delta\tau}{\Delta \sin(\theta)} = BIAN$$

أو الزاوية التي يصنعها الملف مع العمودي على المجال بدءاً من الوضع العمودي خلال نصف دورة (علاقة جيبية)



لاحظ!!

علاقة عزم الازدواج المغناطيسي مع الزاوية التي يصنعها اللمف مع العمودي على المجال بدءاً من الوضع العمودي خلال نصف دورة:



θ = Zero , 180°	θ = 90°	θ ← حادة
ينعدم العزم عندما يكون مستوى الملف عموديًا على المجال لأن θ تكون 0° أو 180° فتكون sin(θ) تساوي صفرًا فيكون: $\tau = 0$	عزم الازدواج أقصاه لأن θ بين مستوى الملف والعمودي على المجال = 90° $\tau = BIAN\sin(\theta), \sin(\theta) = 1$ $\tau_{max} = BIAN$	يتناقص عزم الازدواج مع الدوران لأن θ تتناقص عن 90° أو تتزايد عن 90° فتتناقص sin(θ) فيتناقص τ حيث: $\tau = BIAN\sin(\theta)$

ملاحظات

- ينطبق قانون العزم $\tau = BIAN \sin(\theta)$ علي جميع الملفات سواء مستطيلة أو مربعة أو دائرية.
- يكون العزم أقصي ما يكون لملف مكون من لفة واحدة لنفس طول السلك إذا شُكل على هيئة ملف دائري (بحيث يحقق أكبر قيمة للمقدار AN).

أكبر مساحة يمكن أن نحصل عليها لنفس طول السلك هى عند تشكيلة على هيئة دائرة

لاحظ أن عدد لفات الملف ونصف قطر الملف ترتبطان معاً من العلاقة: $L = N \times 2\pi r$ ، حيث L طول السلك

- تطبيقات على عزم الازدواج:
  - أ) أجهزة القياس التناظرية (الجلفانومتر ذو الملف المتحرك - الأميتر - الفولتميتر)
  - ب) المحرك الكهربي (الموتور).

؟! علل يستمر الملف في الدوران حتى بعد انقطاع التيار (انعدام العزم)

بسبب القصور الذاتي للملف

عزم ثنائي القطب المغناطيسي $|\vec{m}_d|$

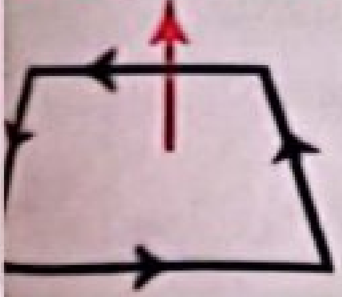
عزم ثنائي القطب المغناطيسي

يقدر بعزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار كهربي ومستواه موازياً لمجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 1T

عرف

لاحظ!!

هو كمية متجهه؛ واتجاهها عمودي على المساحة في اتجاه تقدم بريمة اليد اليمنى في اتجاه الربط وهو اتجاه التيار



ما معنى قولنا أن عزم ثنائي القطب $0.7\ N.m.T^{-1}$

معنى ذلك أن عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار كهربي ومستواه موازياً لمجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 1T = 0.7 N.m

قاعدة البريمة اليمنى لماكسويل | اليد اليمنى لأمبير

- **الاستخدام:**
تحديد اتجاه عزم ثنائي القطب المغناطيسي لملف

> لاحظ أن اتجاه عزم ثنائي القطب هو نفس اتجاه المجال المغناطيسي عند مركز الملف وبالتالي يتوقف على اتجاه التيار في الملف فقط.

- **نص القاعدة (طريقة الاستخدام):**

اليد اليمنى لأمبير	قاعدة البريمة اليمنى لماكسويل
نضع أصابع اليد اليمنى الأربع مع اتجاه التيار في الملف فيكون اتجاه الابهام هو اتجاه عزم ثنائي القطب.	نضع البريمة عند مركز الملف وندريها مع اتجاه التيار فيكون اتجاه اندفاعها هو اتجاه عزم ثنائي القطب.

حساب عزم ثنائي القطب المغناطيسي لملف

يتعين عزم ثنائي القطب لملف يمر به تيار كهربي شدته I ومساحة مقطعه A وعدد لفاته N من العلاقة:

$$|\overrightarrow{md}| = IAN = \frac{\tau_{max}}{B}$$

- I: شدة التيار الكهربي المار في سلك الملف (A)
- N: عدد لفات الملف
- τ_{max}: القيمة العظمى لعزم الازدواج المغناطيسي (N.m)
- $|\overrightarrow{md}|$: عزم ثنائي القطب المغناطيسي ($N.m.T^{-1}$ أو $A.m^2$)
- A: مساحة وجه الملف (m^2)
- B: كثافة الفيض المغناطيسي (Tesla)

> يتوقف عزم ثنائي القطب للملف على I,A,N فقط. ينعدم بانعدام التيار.

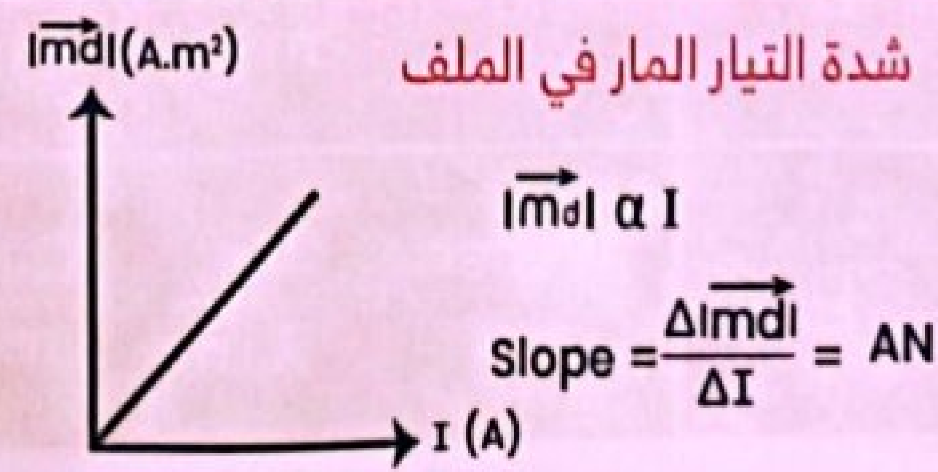
(لا يتوقف عزم ثنائي القطب علي عزم الازدواج ولكن يتوقف عزم الازدواج علي عزم ثنائي القطب)

العوامل التي يتوقف عليها التي يتوقف عليها عزم ثنائي القطب المغناطيسي لملف

شدة التيار المار في الملف

$|\overrightarrow{md}| \propto I$

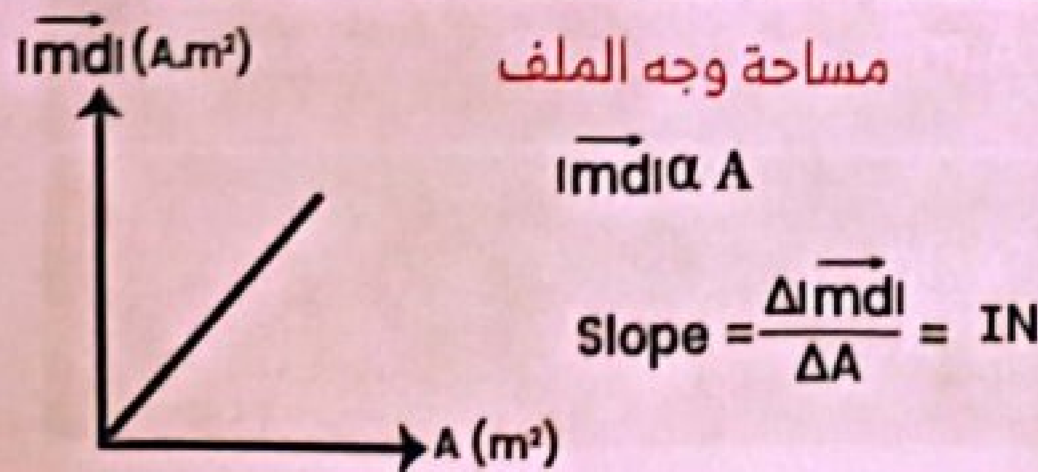
$Slope = \frac{\Delta|\overrightarrow{md}|}{\Delta I} = AN$



مساحة وجه الملف

$|\overrightarrow{md}| \propto A$

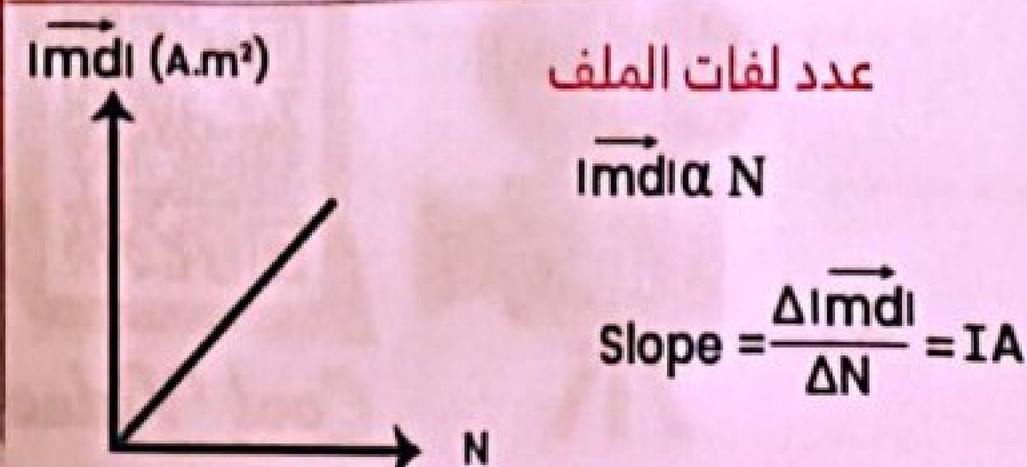
$Slope = \frac{\Delta|\overrightarrow{md}|}{\Delta A} = IN$



عدد لفات الملف

$|\overrightarrow{md}| \propto N$

$Slope = \frac{\Delta|\overrightarrow{md}|}{\Delta N} = IA$



> لا يعتمد عزم ثنائي القطب لملف على أياً من كثافة الفيض الخارجي أو قيمة الزاوية بين الملف والعمودي على المجال

لاحظ!!

- المغناطيس الدائم له عزم ثنائي قطب واتجاهه داخل جسم المغناطيس من الجنوب للشمال.

مثال

سلك طوله 10m و مقاومة المتر الواحد منه تساوي 2Ω. اوجد اكبر قيمة لعزم ثنائي القطب المؤثر عند تشكيل السلك على هيئة ملف وتوصيل طرفية بمصدر تيار مستمر قوته الدافعة 10V وتعرضه لفيض مغناطيسي كثافته 0.2T إذا كانت الزاوية بين الملف وخطوط الفيض المغناطيسي:

1- 90° 2- 60° 3- 0°

$$|\overrightarrow{m_d}| = IAN$$

وبالتالي فإن: $|\overrightarrow{m_d}|_{max} = I(AN)_{max}$، اكبر مساحة عند تشكيل السلك على هيئة دائرة من لفة واحدة:

$$I = \frac{V}{R_{متر} \times L_{سلك}} = \frac{10}{2 \times 10} = 0.5A \quad A = \pi r^2 = \pi \cdot \left(\frac{L_{سلك}}{2\pi}\right)^2 = \pi \times \left(\frac{10}{2 \times \pi}\right)^2 = 7.958\ m^2$$

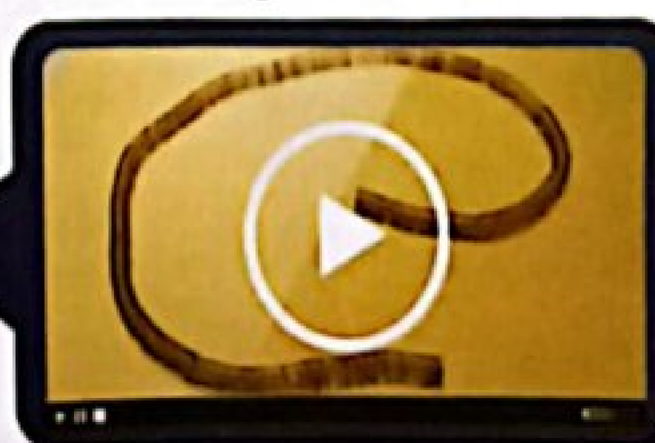
$$\therefore\ |\overrightarrow{m_d}|_{max} = 0.5 \times 7.958 \times 1 = 3.98\ A.m^2$$

تذكر العلاقة:
$L = N \times 2\pi r$، حيث L طول السلك

لا يتوقف عزم ثنائي القطب على الزاوية (جميع الزوايا لها نفس القيمة)

بعض الكميات الفيزيائية والوحدات المكافئة

ϕ_m	$Weber = Tesla.m^2 = \frac{N.m}{A} = \frac{J}{A} = \frac{V.A.s}{A} = V.s = \Omega.A.s = \Omega.C$
B	$Tesla = \frac{Weber}{m^2} = \frac{N.m}{A.m^2} = \frac{J}{A.m^2} = \frac{V.s}{m^2} = \frac{\Omega.C}{m^2}$
μ	$\frac{Weber}{A.m} = \frac{V.s}{A.m} = \frac{\Omega.s}{m} = \frac{Tesla.m}{A}$



المحاضرة الرابعة

أجهزه القياس الكهربي (الجلفانومتر والاميتر)

أجهزة القياس الكهربي

A|B قارن

غير مباشرة

- مثل قنطرة هويستون والقنطرة المترية ومقياس الجهد.
- بطيئة، صعبة الاستخدام.

- تعتمد على الاتزان الكهربي.
- دقيقة جدًا. (ليست مجال دراستنا)

مباشرة

تناظرية

- تعتمد على وجود مؤشر يقف عند قراءة معينة فيعطي القيمة المطلوبة.
- تعتمد فكرة عملها على التأثير المغناطيسي للتيار الكهربي ومن أمثلتها الأميتر والفولتميتر وأبسطها الجلفانومتر ذو الملف المتحرك وهي أجهزة سريعة، سهلة الاستخدام، وبها نسبة خطأ.

(ستكون محل دراستنا في هذا الفصل)

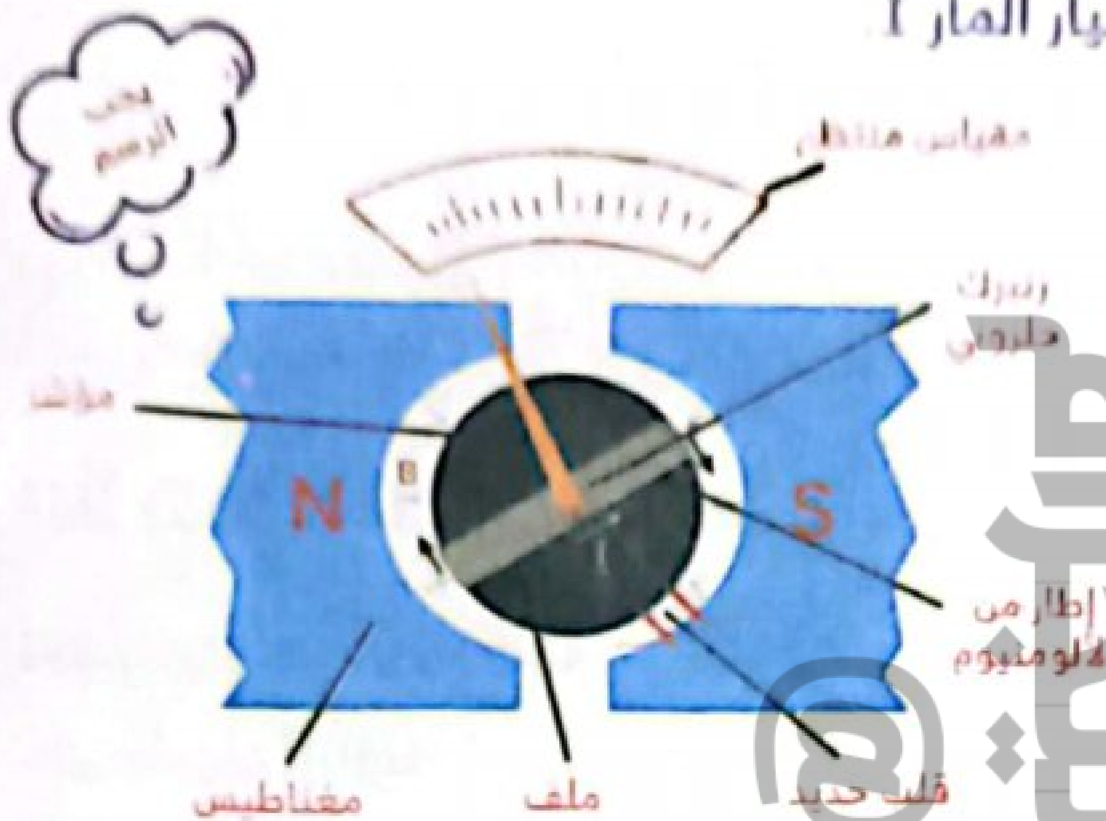
رقمية

- تعتمد فكرة عملها على الإلكترونيات الرقمية حيث تظهر أرقام على شاشة فتحدد القيمة المطلوبة.

(سيتم دراسة فكرتها في الفصل الثامن)

الجلفانومتر ذو الملف المتحرك

- **الاستخدام:**
  الاستدلال على وجود تيارات كهربية مستمرة ضعيفة جدًا في دائرة ما وقياس شدتها وتحديد اتجاهها.
- **الأساس العلمي (فكرة العمل):**
  التأثير المغناطيسي للتيار الكهربي؛ عزم الازدواج المؤثر على ملف قابل للدوران بين قطبي المغناطيس ويمر به تيار كهربي ويدور بزاوية θ تتناسب طرديًا مع شدة التيار المار I.
- **التركيب:**



- **ملف من سلك رفيع من النحاس** معزول وملفوف حول إطار مستطيل خفيف من الألومنيوم قابل للدوران حول محوره.
- **قلب من الحديد المطاوع** على هيئة أسطوانة ثابتة يوضع داخل الإطار المستطيل لتركيز خطوط الفيض المغناطيسي داخل الملف دون أن تلامس الإطار (أي لا تدور معه) كي لا تسبب عبئا على حركة الملف بسبب وزنها فلا تقل الحساسية.
- **حوامل من العقيق** يرتكز عليها الملف لتسهيل حركته وتقليل قوى الاحتكاك لأكبر درجة ممكنة بين محوري الملف والحجر الذي يرتكزان عليه فلا تؤثر قوى الاحتكاك على حساسية الملف.
- **مغناطيس قوي على شكل حذاء فرس** توضع الأسطوانة والقلب الحديدي بين قطبيه المقعرين لجعل كثافة الفيض في الحيز الذي يتحرك فيه الملف ثابتة (مهما كانت زاوية الملف) حتى تكون خطوط الفيض بين قطبيه على هيئة أنصاف أقطار وبالتالي يصبح مستوى الملف في أي وضع أثناء دورانه موازيًا لخطوط الفيض فتصبح $\sin(\theta)$ ثابتة لحركة الملف بدورانه حول محوره وتكون زاوية انحراف المؤشر تتناسب فقط

- عند مرور التيار الكهربي في الملف فإن القوى المغناطيسية تولد عزمًا يعمل على دوران الملف (ومعه المؤشر) في اتجاه حركة عقارب الساعة أو عكسها.
- يتولد في الملفين الزنبركيين عند دورانهما مع الملف عزم ازدواج ناشئ عن ليُّهما (عزم ليّ) في عكس اتجاه عزم الازدواج الناشئ عن مرور تيار في الملف، وتزداد قيمته تدريجياً بزيادة زاوية انحراف المؤشر.
- يستقر الملف ويستقر المؤشر أمام قراءة معينة عندما يتزن عزم الازدواج الناشئ عن القوى المغناطيسية مع عزم الازدواج الناشئ عن ليّ الملفات الزنبركية (تكون محصلة العزم بصفر)، وتدل قراءة المؤشر على التدريج على قيمة شدة التيار.
- عندما يُعكس اتجاه التيار في الملف فإن الملف والمؤشر يدوران في عكس الاتجاه.

ملاحظات

- تجميع وتركيز خطوط الفيض داخل الملف يكون بواسطة وضع قلب من الحديد داخله. كما يعمل كذلك على تثبيت الزاوية التي يصنعها الملف مع خطوط الفيض (حيث يظل مستواه دائماً موازي لخطوط الفيض) وتقليل قوى الاحتكاك وتسهيل حركة الملف.

«كل ذلك لكي تزداد حساسية الجلفانومتر بمعنى أن أقل تيار في الملف يولد عنده أكبر عزم ازدواج أي ينحرف مؤشر الجلفانومتر بمرور أقل تيار ويكون الانحراف ملحوظًا»

معلومة إثرائية: تتوقف حساسية الجلفانومتر علي قوة المغناطيس، مساحة وجة الملف، عدد لفات الملف، ثابت اللي في الملفات الزنبركية حيث: $s = \frac{BAN}{C}$ (الحساسية) ، C (ثابت اللي)

- زاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر تتناسب طرديًا مع عزم الازدواج الذي يتناسب طرديًا مع شدة التيار في الملف؛ حيث:

1- B ثابتة حيث شدة الفيض المغناطيسي للمغناطيس ثابتة.
2- A ثابتة - مساحة الملف ثابتة حيث يلف على إطار خفيف من الألومنيوم على شكل مستطيل.
3- N عدد لفات الملف ثابتة.
4- $\sin(\theta)$ ثابتة (تساوي 1) لأن خطوط الفيض على شكل أنصاف أقطار في الحيز الذي يدور فيه الملف بواسطة مغناطيس قطباه مقعران (فتكون $\theta=90°$ دائماً أثناء الدوران)؛ وبذلك يتناسب عزم الازدواج فقط مع شدة التيار المار. $\tau = BIAN$

؟! **علل** لا يصلح الجلفانومتر ذو الملف المتحرك لقياس شدة التيارات الكهربية العالية

لأن مرور تيار عالي الشدة قد يسبب:

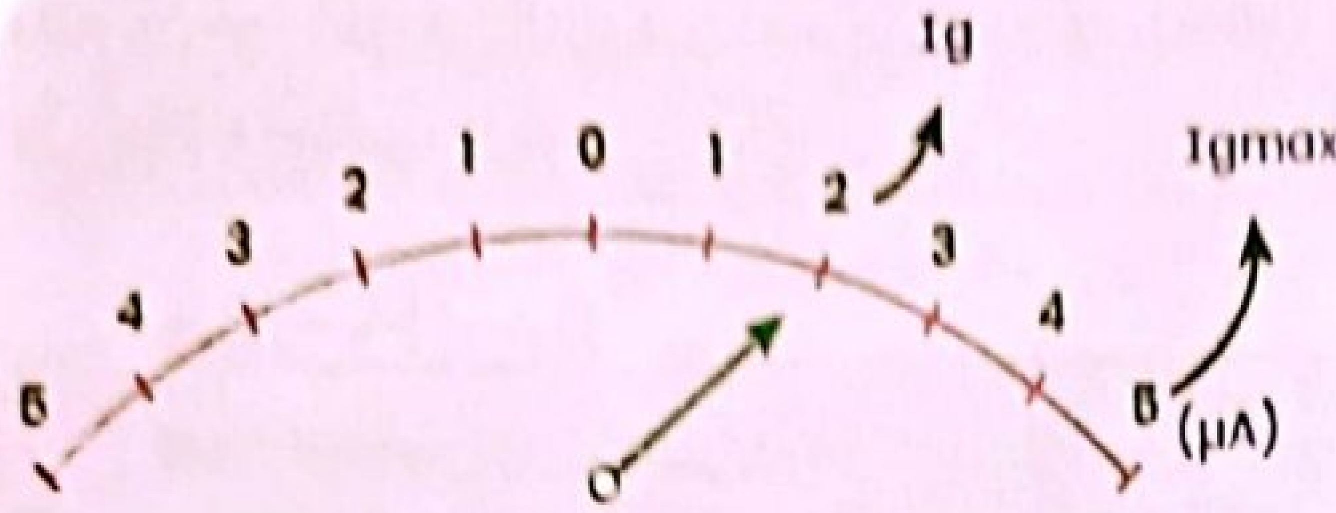
- انحراف كبير ومفاجئ مما يؤدي إلى اختلال اتزان الملف وفقد ملفات الليّ جزء من مرونتها مما يسبب خطأ في صفر التدريج.
- تولد حرارة في أسلاك الملف مما قد يسبب تلف الملف.

حساسية الجلفانومتر

تمهيد

حساسية الجلفانومتر

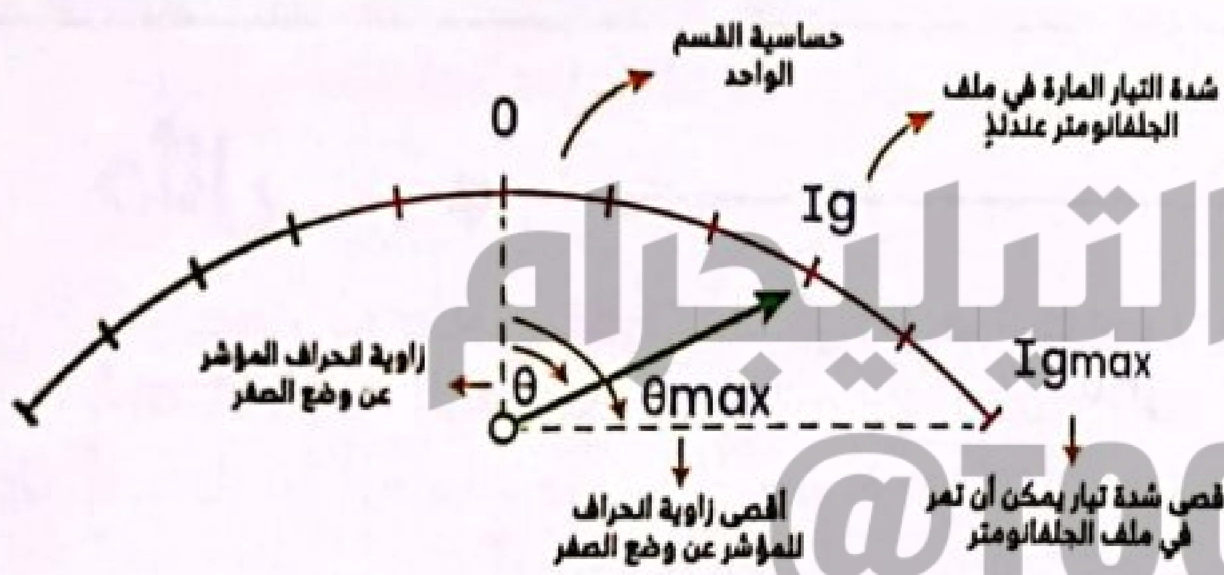
هي مقدار زاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر عن وضع الصفر عند مرور تيار كهربي في ملفه شدته الوحدة

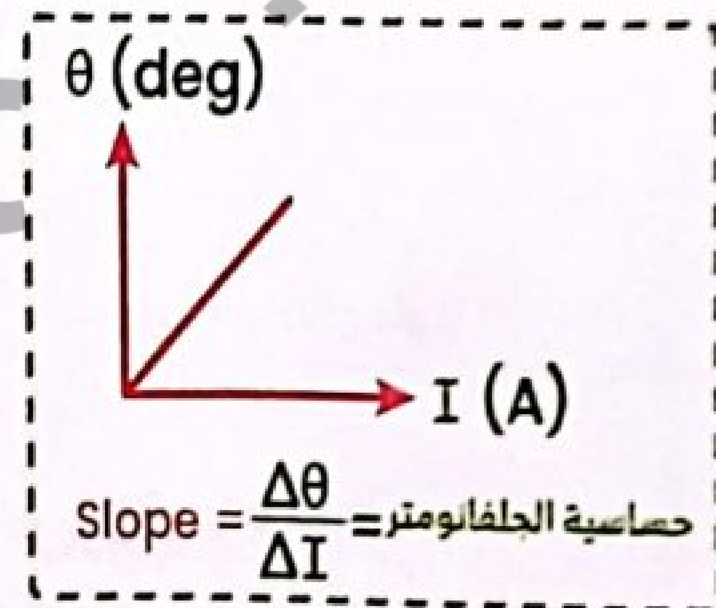


- تكون أقسام التدريج في الجلفانومتر ذي الملف المتحرك متساوية (أي أنه منتظم التدريج)؛ لأن زاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر تتناسب طرديًا مع عزم الازدواج الذي يتناسب طرديًا مع شدة التيار في الملف ($\theta \propto I$).
- يكون صفر تدريج الجلفانومتر (بداية موضع المؤشر) في منتصف التدريج؛ حتى يتمكن من تحديد اتجاه التيار المار في الملف.
- Ig هو أي تيار يمر في ملف الجلفانومتر (ولكن قد يُقصَد به أحياناً عن أقصى تيار يمر في ملف الجلفانومتر I_{gmax}).

حساب حساسية الجلفانومتر

- القانون الأول للحساسية (حساسية الجلفانومتر):





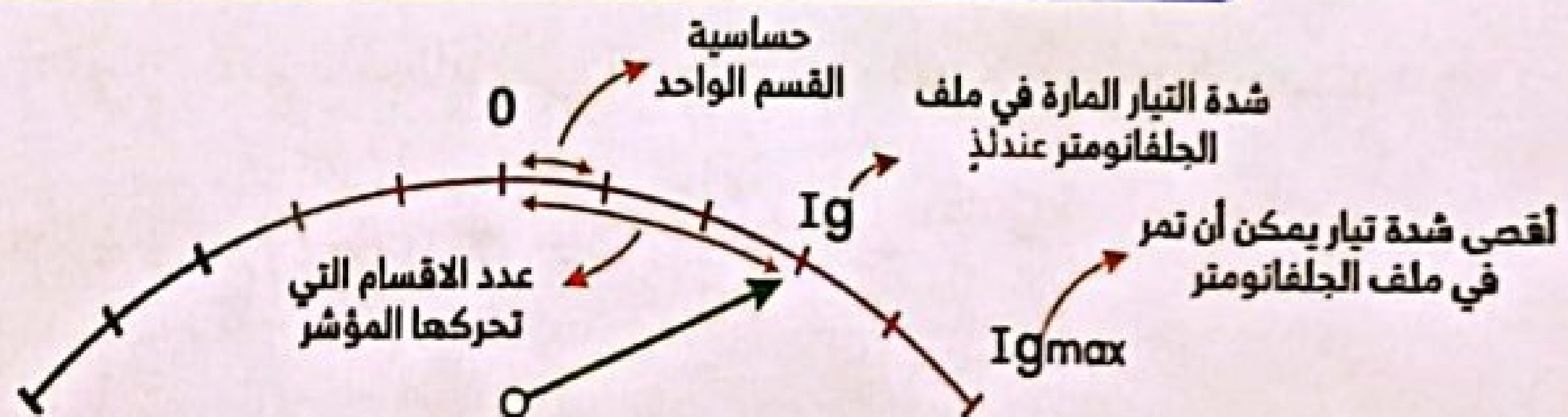
$$\text{حساسية الجلفانومتر} = \frac{\theta}{I_g}$$

- θ: زاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر عن وضع الصفر (deg)
- I_g: شدة التيار في ملف الجلفانومتر (A)
- حساسية الجلفانومتر: ثابت لا يعتمد على أي من θ أو Ig (deg / μA)

- القانون الثاني للحساسية (حساسية القسم):

شدة التيار المار في ملف الجلفانومتر = عدد الأقسام التي تحركها المؤشر x حساسية القسم الواحد

حساسية القسم الواحد: أقل تيار يمر في ملف الجلفانومتر لكي ينحرف مؤشره بمقدار القسم



١٢ علل يجب معايرة الجلفانومتر بعد فترات مختلفة من الاستعمال

ذلك لأن قوة اللي في الزنبركين تضعف بكثرة الاستعمال، كما أن قوة المغناطيس تضعف بمرور الوقت مما يؤ على دقة وحساسية الجهاز

ملاحظات!!

لاحظ أن θ هي زاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر عن وضع الصفر وليست θ في قانون عزم الازدواج: $\tau = BIAN \sin(\theta)$

- عندما تقل حساسية الجلفانومتر إلى العُشر مثلا فمعنى ذلك أن الجهاز أصبح قادرًا على قياس تيارات أشد عشر مرات أي أن $I = 10\, I_g$
- لا يصلح الجلفانومتر ذو الملف المتحرك في قياس شدة التيار المتردد: لأن الفيض الناتج عن التيار المتردد يكون مترددًا فيتغير اتجاه عزم الازدواج كل نصف دورة، فإذا كان التردد منخفض فسيتذبذب المؤشر في اتجاهين متضادين، أما إذا كان التردد كبيراً فسيمنع القصور الذاتي للملف الاستجابة لهذا التغير (يتوقف المؤشر).
- يمكن تحويل الجلفانومتر إلى (تطبيقات على الجلفانومتر):

أ) أميتر التيار المستمر. ب) فولتميتر لقياس فرق الجهد. ج) أوميتر لقياس المقاومة الكهربية

مثال

جلفانومتر ذو ملف متحرك أقصى زاوية انحراف له من وضع الصفر 80°، فإذا مر به تيار شدته 30mA كانت زاوية انحرافه عن وضع الصفر 60°، احسب:
أ- حساسية الجلفانومتر. ب- أقصى تيار يتحمله ملف الجلفانومتر.

أ) حساسية الجلفانومتر $= \frac{\theta}{I_g} = \frac{60}{30} = 2\ deg/mA$

ب) حساسية الجلفانومتر $= \frac{\theta_{max}}{I_{g\,max}} \rightarrow 2 = \frac{80}{I_{g\,max}} \rightarrow I_{g\,max} = 40\ mA$

مثال

يتكون تدريج الجلفانومتر الحساس من 20 قسم وينحرف مؤشره إلى منتصف التدريج عند مرور تيار شدته 0.1mA أوجد حساسية الجهاز.

شدة التيار المار في ملف الجلفانومتر = عدد الأقسام التي تحركها المؤشر x حساسية القسم الواحد

حساسية القسم $= \frac{I_{g\,max}}{N_{قسم}} = \frac{0.1 \times 2}{20} = 0.01\ mA/قسم = 10\ \mu A/قسم$

أميتر التيار المستمر

أميتر التيار المستمر

هو جهاز يستخدم لقياس شدة التيارات الكبيرة وهو عبارة عن جلفانومتر حساس وُصل مع ملفه على التوازي مقاومة صغيرة جداً تُسمى مجزئ التيار Rs

عرف

أميتر التيار المستمر

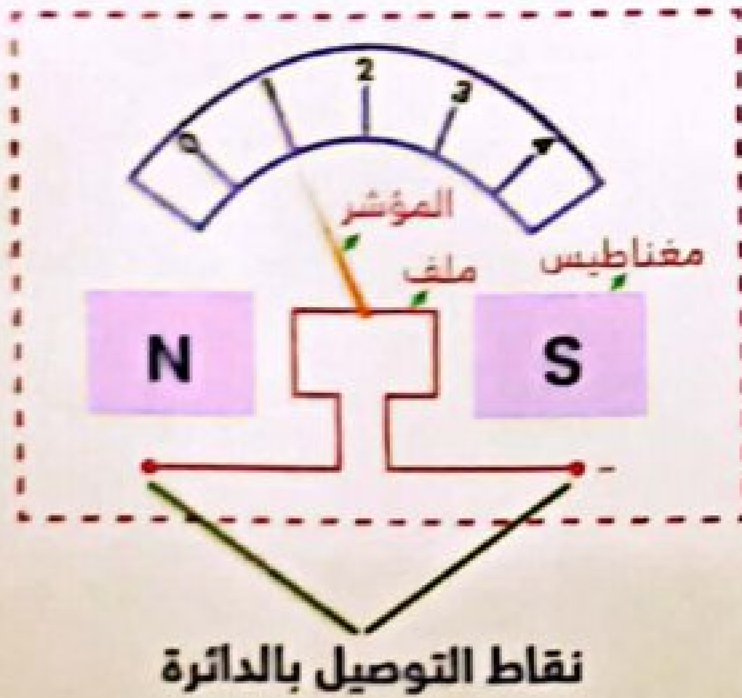
الاستخدام: قياس شدة التيارات الكبيرة المستمرة موحدة الاتجاه.

فكرة العمل: التأثير المغناطيسي للتيار الكهربي؛ عزم الازدواج المؤثر في ملف يمر به تيار كهربي قابل للدوران في مجال مغناطيسي.

طريقة التوصيل: يوصل في الدائرة على التوالي حتى يمر به كل تيار الدائرة، وبالتالي تُضاف مقاومته لمقاومة الدائرة؛ بحيث يُوصل الطرف الموجب للأميتر بالجهد الموجب والطرف السالب بالجهد السالب للأميتر، وإذا انعكس التيار فلا بد من عكس التوصيل.

التركيب: - جلفانومتر Rg يوصل به مقاومة صغيرة جدًا على التوازي مع ملفه يمر بها معظم التيار تسمى مجزئ التيار Rs وأهميتها:

1- حماية ملف الجلفانومتر من الاحتراق فلا يمر فيه إلا تيار ضئيل يتحمله.
2- زيادة مدى الجهاز حيث تمكّنه من قياس تيارات أشد (تقليل حساسية الجهاز).
3- تقليل مقاومة الجهاز حتى لا يؤثر على تيار الدائرة المراد قياسه تأثيراً كبيراً (زيادة دقة الجهاز).



المقاومة: قيمتها صغيرة جداً. علل؟
لأنها محصلة مقاومتين على التوازي إحداهما صغيرة جداً.

وهذا حتى لا يؤثر كثيراً على تيار الدائرة المراد قياسه

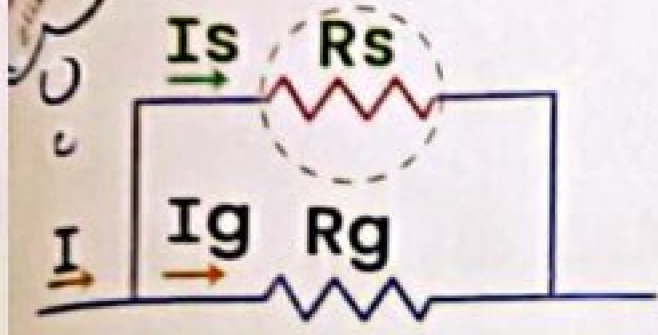
لاحظ
الأميتر المثالي مقاومته مهملة

$$RA = \frac{Rg\ Rs}{Rg + Rs}$$

علل: الأميتر جهاز غير دقيق لقياس شدة التيار

لأن له مقاومة تضاف لمقاومة الدائرة حيث أنه يُوصل على التوالي وبالتالي يقيس تيارًا أقل من التيار الأصلي

استنتاج قانون مجزئ التيار Rs



- تتصل مقاومة الجلفانومتر Rg ومقاومة مجزأ التيار Rs على التوازي.
- التيار الكلي المراد قياسه I ينقسم إلى جزئين:
  أ) يمر الجزء الأكبر من هذا التيار في المجزئ لصغر مقاومته بالنسبة لمقاومة الجلفانومتر ويكون Is.
  ب) يمر الجزء الأصغر من التيار الكلي في ملف الجلفانومتر وشدته Ig فلا يتعرض الملف للتلف.
- عندئذ يكون: $I = I_g + I_s \rightarrow I_s = I - I_g$
- الملف والمجزئ عبارة عن مقاومتين متصلتان على التوازي فيكون فرق الجهد بين طرفيهما متساوي؛ لذلك: $V_g = V_s \rightarrow I_gR_g = I_sR_s \rightarrow I_gR_g = (I - I_g)R_s$

$$\therefore R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

قانون مجزئ التيار Rs

تتعين قيمة مقاومة مجزئ التيار الواجب توصيله مع ملف جلفانومتر مقاومته Rg ويمر به تيار Ig ليكونا معاً أميتر يقيس تيار كلي I من العلاقة:

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

- I_g: شدة التيار المارة في ملف الجلفانومتر (A)
- R_g: مقاومة ملف الجلفانومتر (Ω)
- R_s: مجزئ ا... (Ω)
- I: شدة التيار الكلية للأميتر (A)

عندما يمر في الملف الجلفانومتر أقصى تيار يتحمله I_{gmax} يكون I عندئذٍ هو أقصى تيار يمكن أن يمر في الأميتر (مدى الأميتر)

شدة التيار المار في الأميتر = عدد الأقسام التي تحركها مؤشر الأميتر x حساسية القسم الواحد

- عند توصيل مجزئ التيار يتمكن الجهاز من قياس تيارات أشد وبالتالي تقل الحساسية حيث إن حساسية الجهاز θ/I ، وإذا تسبب وجود مجزئ التيار في أن يقيس الجهاز تيارًا 5 أمثال ما كان يقيسه مثلًا فإنه يُقال أن الحساسية قد قلت إلى الخُمس.
- مثال: جلفانومتر قلت حساسيته للربع عند توصيله بمجزئ للتيار:
  - أصبح قادر علي قياس تيارات أشد مما كان يقيسه بمقدار 4 مرات.
  - مقاومته قلت للربع.
  - عن طريق توصيله بمجزئ علي التوازي مقاومته 1/3 مقاومة الجلفانومتر ($R_s = 1/3\ R_g$).

ويحدث هذا حتى لو كانت مقاومة المجزئ أكبر من مقاومة الجلفانومتر؛ لأن تيار الأميتر الكلي I هو مجموع تياري الجلفانومتر I_g والمجزئ I_s معاً

ملاحظـــة!!

كلما قلت مقاومة الأميتر:

- زادت دقته (لأن المقاومة الكلية للأميتر تقل وبالتالي يقل تأثير الجهاز على المقاومة الكلية للدائرة وعلى شدة التيار المار بها عند توصيلة في الدائرة؛ فتكون قيمة التيار المُقاس أقرب للقيمة الحقيقية).
- قلت حساسيته (لأنه أصبح قادراً علي قياس تيارات أشد).

إشرح ... كيف يمكنك تحويل الجلفانومتر إلي أميتر

١- نقوم بتوصيل مقاومة صغيرة جدًا معه على التوازي (R_s).
٢- نقوم بإعادة معايرة التدريج بحيث يقيس التيار الكلي في الدائرة.

استنتاج العلاقة بين حساسية الأميتر وحساسية الجلفانومتر

بالتعويض عن حساسية كل من الجلفانومتر والأميتر من العلاقة θ/I :

$$\frac{\text{حساسية الأميتر}}{\text{حساسية الجلفانومتر}} = \frac{\theta\, I_g}{I_A\, \theta} = \frac{I_g}{I_A} = \frac{V_g R_A}{R_g V_A} = \frac{R_A}{R_g} = \frac{R_g R_s}{(R_g + R_s) R_g} = \frac{R_s}{R_g + R_s}$$

$$\frac{\text{حساسية الأميتر}}{\text{حساسية الجلفانومتر}} = \frac{I_g}{I} = \frac{R_A}{R_g} = \frac{R_s}{R_g + R_s}$$

ملاحظة

كلما نقصت Rs فإن الحساسيه تقل والمدي والدقه يزدادو

مثال

جلفانومتر مقاومة ملفه 2Ω يتطلب انحرافه إلى نهاية تدريجه مرور تيار شدته 5mA ، ما هي مقاومة مجزئ التيار الذي يجب استخدامه لتحويل الجلفانومتر إلى أميتر النهاية العظمى لتدريجه 1A ؟

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{0.005 \times 2}{1 - 0.005} = \frac{2}{1999} = 0.01\Omega$$

مثال

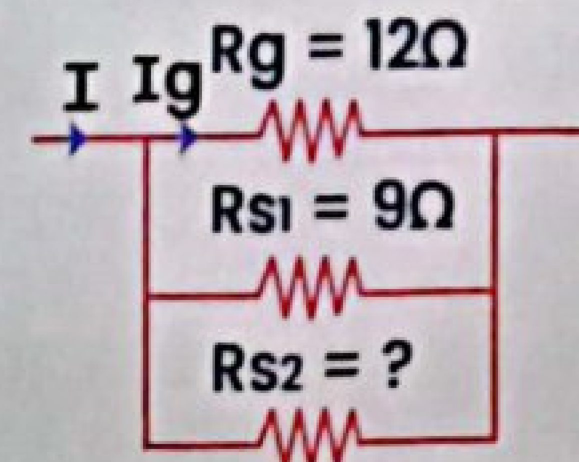
جلفانومتر مقاومة ملفه 0.1Ω ويقرأ عند نهاية تدريجة تياراً شدته 5A ، أردنا زيادة قراءته إلى 10 أمثالها. ما قيمة مقاومة مجزيء التيار اللازمة؟

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{I_g \times 0.1}{10\, I_g - I_g} = \frac{0.1}{9} = 0.011\Omega$$

مثال

جلفانومتر مقاومته 12Ω وُصل بمجزئ مقاومته 9Ω .فما مقدار المقاومة اللازم توصيلها مع الجلفانومتر والمجزئ علي التوازي حتى يمر في الجلفانومتر 20% من التيار الكلي؟

$$R_{st} = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{0.2I \times 12}{I - 0.2I} = 3\Omega$$



$$R_{st} = \frac{R_{s1} R_{s2}}{R_{s1} + R_{s2}} \rightarrow 3 = \frac{9 \times R_{s2}}{9 + R_{s2}} \quad \therefore R_{s2} = 4.5\Omega$$

هـام

معلومة مش في كتابك

تسخينك لمغناطيس او إنك تدُق عليه بعنف ممكن يخليه يفقد خواصه المغناطيسية لإن ده هيغير ترتيب الجزيئات جواه

المحاضرة الخامسة

تابع أجهزة القياس الكهربي

فولتميتر التيار المستمر

فولتميتر التيار المستمر

عرف

هو جهاز يستخدم لقياس فرق الجهد بين أي نقطتين في دائرة كهربية أو القوة الدافعة الكهربية لعمود أو بطارية ، وهو عبارة عن جلفانومتر حساس وُصل مع ملفه على التوالي مقاومة كبيرة جدًا تُسمى مضاعف الجهد Rm.

فولتميتر التيار المستمر

الاستخدام: قياس فروق الجهد المستمرة الكبيرة، قياس القوة الدافعة الكهربية للبطارية.

فكرة العمل: التأثير المغناطيسي للتيار الكهربي؛ عزم الازدواج المؤثر في ملف يمر به تيار كهربي قابل للدوران في مجال مغناطيسي.

طريقة التوصيل: يتصل الجهاز على التوازي في الدائرة الكهربية - حتى يكون فرق جهده مساويًا لفرق الجهد المراد قياسه - ؛بحيث يُوصل الطرف الموجب للفولتميتر بالجهد الموجب والطرف السالب بالجهد السالب، وإذا أنعكس فرق الجهد فلا بد من عكس التوصيل.

التركيب: جلفانومتر Rg يوصل به مقاومة كبيرة جداً على التوالي مع ملفه تسمى مضاعف الجهد Rm وأهميتها :

1- حماية ملف الجلفانومتر من الاحتراق فلا يمر فيه إلا تيار ضئيل يتحمله.

2- زيادة مدى الجهاز حيث تمكِّنه من قياس فروق جهد أكبر (تقليل حساسية الجهاز).

3- تكبير المقاومة الكلية للجهاز فلا يسحب إلا جزء ضئيل من تيار الدائرة فلا يؤثر كثيراً علي فرق الجهد المراد قياسه (زيادة دقة الجهاز).

المقاومة: قيمتها كبيرة جداً. نتيجة ل..
لأنها محصلة مقاومتين على التوالي إحداهما كبيرة جداً.

لاحظ!!
الفولتميتر المثالي مقاومته كبيرة جداً
(تعتبر مالانهاية)

وهذا حتى لا يسحب الجهاز إلا جزءًا ضئيلًا من تيار الدائرة فلا يؤثر كثيرًا على فرق الجهد المراد قياسه

$R_v = R_g + R_m$

مضاعف الجهد Rm

مضاعف الجهد

مقاومة كبيرة جداً توصل مع ملف الجلفانومتر على التوالي لتحويله إلى فولتميتر يقيس فروق جهد أكبر

عرف

لاحظ!!

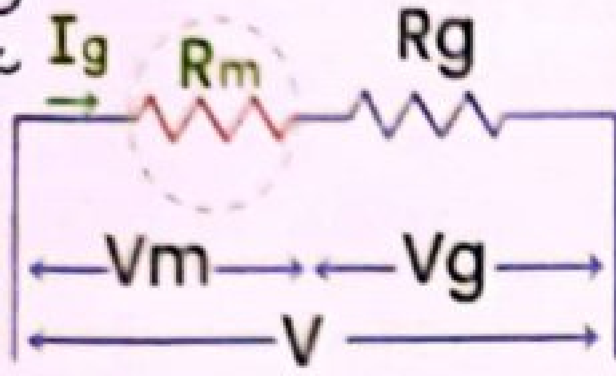
الفكرة العلمية لمضاعف الجهد هى **توصيل مقاومة كبيرة جدًا على التوالي مع ملف الجلفانومتر لجعله يقيس فروق جهد أكبر (زيادة مدى الجهاز).**

استنتاج قانون مضاعف الجهد Rm

- تتصل مقاومة الجلفانومتر Rg ومقاومة مضاعف الجهد Rm على التوالي.
- فرق الجهد الكلي المراد قياسه V ينقسم إلى جزئين:

أ) يستهلك الجزء الأكبر من هذا الجهد في المضاعف لكبر مقاومته بالنسبة لمقاومة الجلفانومتر ويكون V_m.

ب) يستهلك الجزء الأصغر من الجهد الكلي في ملف الجلفانومتر ويكون V_g.



- عندئذ يكون: $V = V_g + V_m \rightarrow V_m = V - V_g$
- الملف والمضاعف عبارة عن مقاومتين متصلتان على التوالي فتكون شدة التيار فيهما متساوية (I_g)؛ لذلك:

$$I_g R_m = V - I_g R_g$$

$$\therefore R_m = \frac{V - I_g R_g}{I_g}$$

قانون مضاعف الجهد Rm

تتعين قيمة مقاومة مضاعف الجهد الواجب توصيله مع ملف جلفانومتر مقاومته Rg ويمر بهما تيار Ig ليكونا معاً فولتميتر يقيس فرق جهد كلي V من العلاقة:

$$R_m = \frac{V - I_g R_g}{I_g} = \frac{V - V_g}{I_g}$$

- R_m: مضاعف الجهد (Ω)
- V: فرق الجهد الكلي للفولتميتر (V)
- R_g: مقاومة ملف الجلفانومتر (Ω)
- V_g: فرق الجهد على ملف الجلفانومتر (V)
- I_g: شدة التيار المارة في ملف الجلفانومتر والمضاعف (A)

عندما يمر في الملف الجلفانومتر أقصى تيار يتحمله $I_{g\,max}$ يكون V عندئذٍ هو أقصى فرق جهد يمكن أن يقيسه الفولتميتر (مدى الفولتميتر)

فرق الجهد الذي يقيسه الفولتميتر = عدد الأقسام التي تحركها مؤشر الفولتميتر x حساسية القسم الواحد

حساسية الجهاز V/θ ،
وإذا تسبب وجود مضاعف الجهد في أن يقيس الجهاز جهدًا **5** أمثال ما كان يقيسه مثلا فإنه يُقال أن الحساسية قد قلت إلى الخمس.

- مثال: جلفانومتر قلت حساسيته إلي الخمس عند توصيله بمضاعف للجهد:
  - أصبح قادر علي قياس فروق جهداً **5** أمثال ما كان يقيسه.
  - مقاومته تزداد إلى **5** أمثالها.
  - عن طريق توصيله بمضاعف علي التوالي مقاومته 4 مقاومة الجلفانومتر ($R_m = 4R_g$).

ويحدث هذا حتى لو كانت مقاومة المضاعف أقل من مقاومة الجلفانومتر؛ لأن فرق الجهد الكلي للفولتميتر V هو مجموعفروق الجهد على كل من الجلفانومتر V_g والمضاعف V_m معاً

ملاحظــة!!

كلما زادت مقاومة الفولتميتر:

- زادت دقته (لأن المقاومة الكلية للفولتميتر تزداد وبالتالي عند توصيله على التوازي في الدائرة يقل التيار الذي يسحبه من تيار الدائرة فيقل تأثير الجهاز على فرق الجهد المطلوب قياسه؛ فتكون قيمة فرق الجهد المُقاس أقرب للقيمة الحقيقية).
- قلت حساسيته (لأنه أصبح قادراً علي قياس فروق جهد أكبر).

إشرح ...... كيف يمكنك تحويل الجلفانومتر إلى فولتميتر

١- نقوم بتوصيل مقاومة كبيرة جداً مع ملفه على التوالي (R_m).
٢- نقوم بإعادة معايرة التدريج ليقيس فرق الجهد بين طرفيه.

ملاحظة

كلما زادت Rm فإن حساسيه الفولتميتر تقل والمدي والدقه يزدادو

لاحظ!!

يكون صفر تدريج الجلفانومتر (بداية موضع المؤشر) في منتصف التدريج، بينما يكون صفر تدريج الأميتر والفولتميتر (بداية موضع المؤشر) في أقصى يسار التدريج.

مثال

جلفانومتر مقاومة ملفه 0.1Ω و يبلغ أقصى انحراف له عندما يمر به تيار شدته 1mA احسب المقاومة المضاعفة للجهد اللازمة لتحويله إلى فولتميتر يصلح لقياس فرق جهد نهايته العظمى 50V.

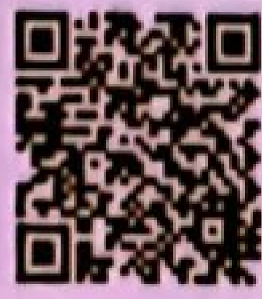
$$V_g = I_g R_g = 0.001 \times 0.1 = 1 \times 10^{-4}\ V$$

$$R_s = \frac{V - V_g}{I_g} = \frac{50 - 1 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-3}} = 49999.9\Omega$$

يُلاحظ هنا أن المقاومة الكلية للفولتميتر هي:

$$R_V = 49999.9 + 0.1 = 50000\ \Omega = 50\ K\Omega$$

معلومة مش في كتابك

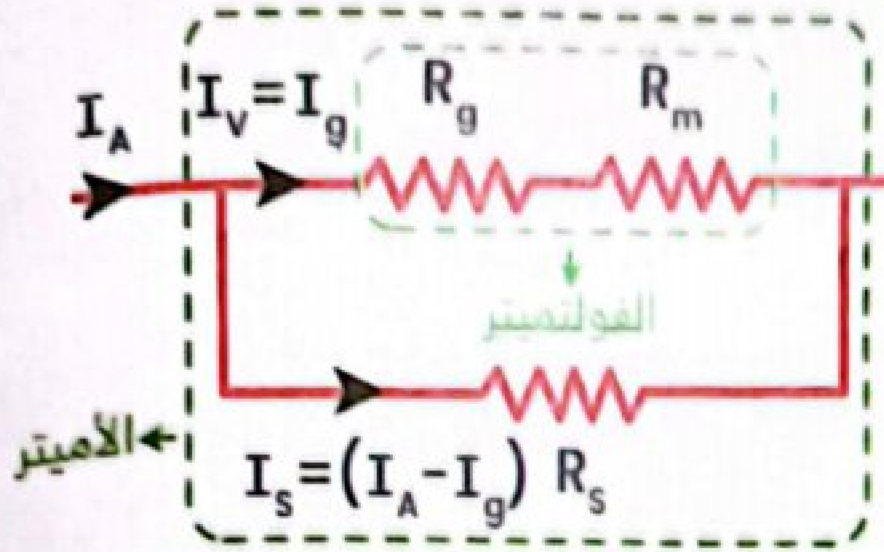
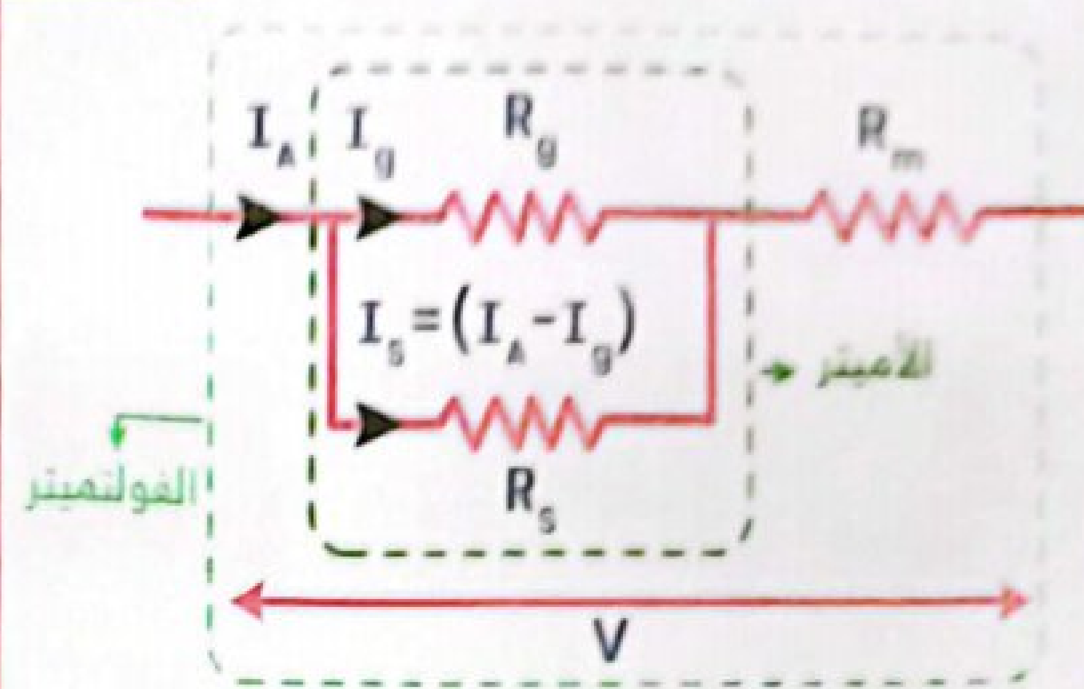


المجال المغناطيسي للأرض أضعف 1000 مرة من القضيب المغناطيسي العادي وده يمكن عكس اللي أنت متوقعه.

الأميتر و الفولتميتر معاً

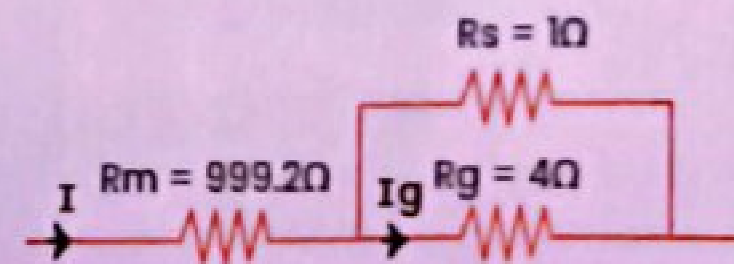
(المقاومة الكلية للأميتر) $R_A = \frac{R_g R_s}{R_g + R_s}$ (المقاومة الكلية للفولتميتر) $R_V = R_g + R_m$

قارن

تحويل الفولتميتر إلى أميتر		تحويل الأميتر إلى فولتميتر
	الدائرة المعبرة	
نستبدل كل g ب V (لأن الجلفانومتر هنا أصبح فولتميتر)	القوانين	نستبدل كل g ب A (لأن الجلفانومتر هنا أصبح أميتر)
$I_A = I_V + I_s \rightarrow I_A = I_V + \frac{I_V R_V}{R_s}$ OR $I_A = I_g + \frac{I_g R_V}{R_s}$		$V = I_A (R_A + R_m)$ OR $V = I_g R_g + I_A R_m$
لاحظ أن تيار الفولتميتر I_V هو نفسه تيار الجلفانومتر I_g		لاحظ أن فرق الجهد على الأميتر $I_A R_A$ هو نفسه فرق الجهد على الجلفانومتر $I_g R_g$
$R_s = \frac{I_g R_V}{I - I_g}$		$R_m = \frac{V - I_g R_g}{I_A} = \frac{V - V_g}{I_A}$

مثـــال

جلفانومتر حساس مقاومة ملفه 4Ω وأقصى تيار يتحمله 1mA وُصل ملفه على التوازي بمقاومة مقدارها 1Ω ليكونا معاً جهازاً واحداً، ثم وُصل هذا الجهاز على التوالي بمقاومة مقدارها 999.2Ω ليكونا فولتميتر. احسب أقصى فرق جهد يمكن أن يقيسه هذا الفولتميتر.



$V = I_A \left(\frac{R_g R_s}{R_g + R_s} + R_m \right)$

$I_A = I_g + \frac{I_g R_g}{R_s} = 10^{-3} + \frac{10^{-3} \times 4}{1} = 5 \times 10^{-3}\ A$

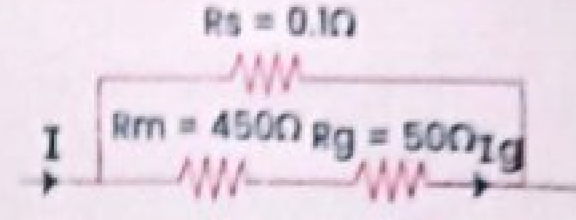
$\therefore V = 5 \times 10^{-3} \times \left(999.2 + \frac{4 \times 1}{4+1}\right) = 5V$

مثال

جلفانومتر حساس مقاومة ملفه 50Ω ينحرف مؤشره إلي نهاية تدريجة إذا مر به تيار شدته 0.002A ، وُصل بمقاومة مضاعفة للجهد مقدارها 450Ω لتحويلة إلي فولتميتر، فما أقصى فرق جهد يستطيع قياسه؟ وإذا أريد استخدام الفولتميتر لقياس شدة التيار بتوصيله بمجزئ مقداره 0.1Ω ، فما أقصى تيار يستطيع قياسه؟

$$V_{max} = I_g (R_g + R_m) = 0.002 \times (50+450) = 1\,V$$

$$I_A = I_g + \frac{I_g R_V}{R_s} = 0.002 + \frac{0.002 \times (50+450)}{0.1} = 10.002\,A$$



الأوميتر

جهاز يستخدم لقياس مقاومة مجهولة في دائرة ما بطريقة مباشرة وهو عبارة عن جلفانومتر حساس وُصل مع ملفه على التوالي مقاومة عيارية ثابتة ومقاومة متغيرة وعمود كهربي

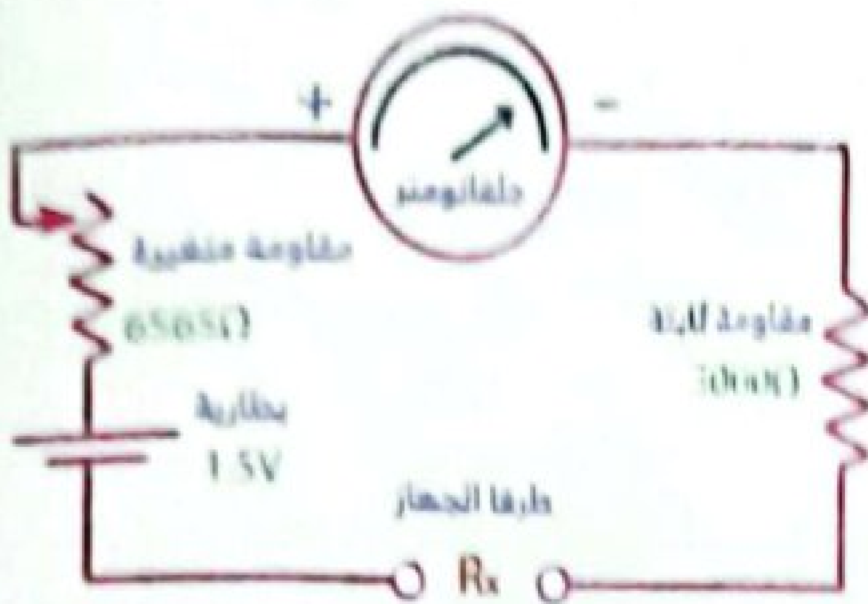
عرف

الأوميتر

- **الاستخدام:** قياس مقاومة مجهولة في دائرة ما بطريقة مباشرة
- **الأساس العلمي (فكرة العمل):** تناسب التيار والمقاومة تناسبًا عكسيًا نظرًا لثبوت فرق الجهد تبعاً لقانون أوم $I = \frac{V}{R_t}$
- **شرح فكرة العمل:**
  1- يعتمد قياس مقاومة ما على شدة التيار الذي يمر في الدائرة، الانخفاض في الجهد عبر المقاومة حيث $R_t = V/I$
  2- إذا ظل فرق الجهد ثابتًا ومعلومًا فليس هناك داعٍ لوجود الفولتميتر ويمكن رفعه من الدائرة.
  3- عندئذ يمكن معايرة الجلفانومتر ليعطي قيمة المقاومة مباشرة فإذا زادت المقاومة الكلية تقل شدة التيار المار في الدائرة وبالتالي تقل قراءة الجلفانومتر، ويمكن معايرة الجلفانومتر ليعطي قيمة المقاومة المجهولة مباشرة.
- **طريقة التوصيل:** يُوصل طرفا الجهاز بطرفي المقاومة المراد قياس قيمتها (Rx).
- **التركيب:** جلفانومتر + مقاومة عيارية + بطارية بحيث عند تلامس طرفي التوصيل ببعضهما ينحرف المؤشر إلى نهاية تدريج الميكروأميتر والتي تعتبر صفر تدريج الأوميتر.

الأوميتر المعتاد (العياري)

- التركيب: ميكروأميتر مداه 400μA ومقاومته 250Ω.
- بطارية جهدها 1.5V ومقاومتها الداخلية مهملة r=0.
- مقاومة ثابتة 3000Ω ، توصل على التوالي مع الميكروأميتر.
- مقاومة متغيرة مداها 6565Ω نأخذ منها 500Ω ، توصل على التوالي مع الميكروأميتر.



- حساب قيمة المقاومة المطلوبة لكي ينحرف المؤشر إلى نهاية التدريج :

$$R_{اوميتر} = \frac{V_B}{I_{max}} = \frac{1.5}{400 \times 10^{-6}} = 3750\ \Omega$$ → [3000Ω (ثابتة) + 500Ω (متغيرة) + 250Ω (ميكروأميتر)]

١٢ علل وجود

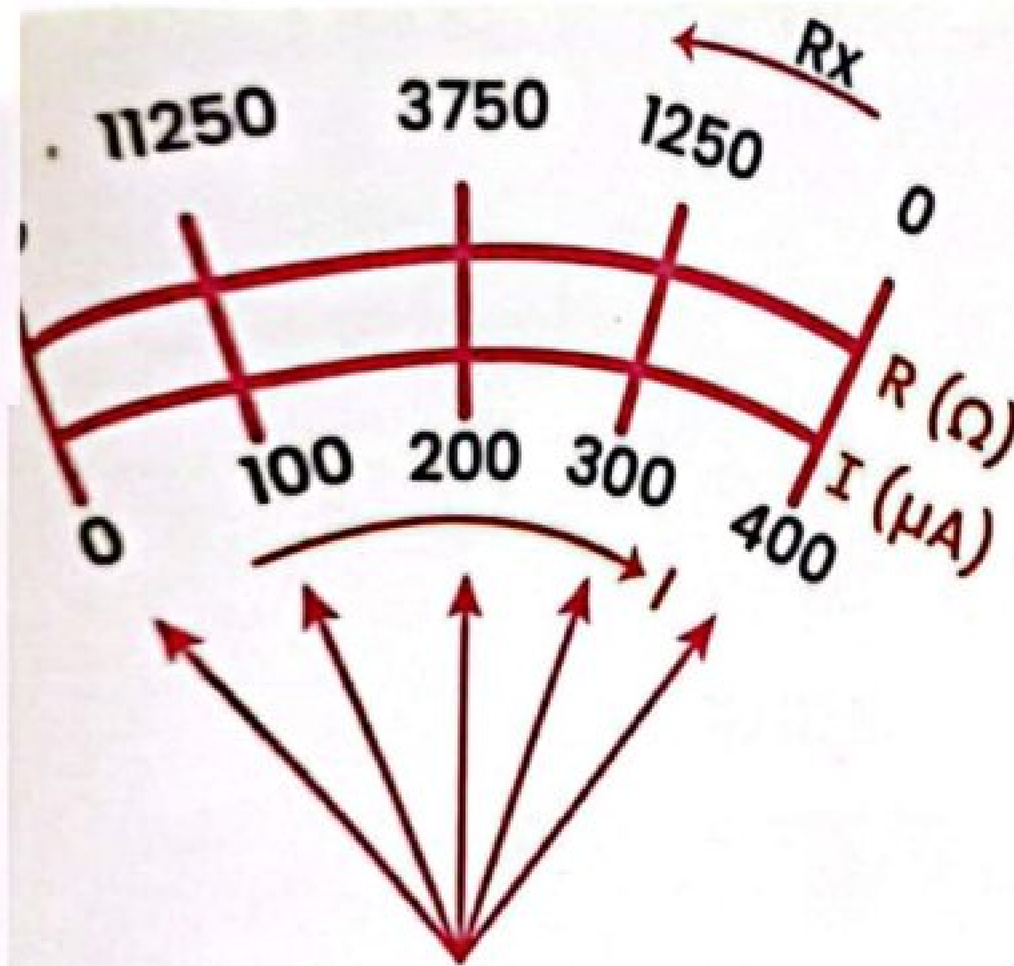
1- مقاومة ثابتة في دائرة الأوميتر
2- مقاومة متغيرة في دائرة الأوميتر

المقاومة العيارية = المقاومة الثابتة + المقاومة المتغيرة

مقاومة ثابتة: لحماية ملف الجلفانومتر.

مقاومة متغيرة: للتحكم في شدة التيار المار في الجهاز؛ بحيث تكون أقصى ما يتحمله الملف فينحرف المؤشر إلى نهاية تدريج الميكروأميتر والذي يعتبر بداية (صفر) تدريج الأوميتر وذلك قبل إدماج أي مقاومة جديدة (وذلك للحصول على قراءة صحيحة).

شرح طريقة معايرة الأوميتر



Rx (Ω)	I (μA)
0	400
3750	200
11250	100
∞	0

- يتم حساب القيمة المطلوبة للمقاومة المتغيرة (Rv = 500Ω) في الأوميتر العياري حتى يمر أقصى تيار للجلفانومتر (400μA)؛ وذلك بملامسة طرفي الاختبار ببعضهما.
- يتم معايرة الجهاز بدلالة قيمة المقاومة التي يتم إدخالها (Rx) كالتالي:
- عند توصيل مقاومة خارجية تساوي مقاومة الدائرة (Rx = 3750Ω) بين طرفي الاختبار يقل التيار المار وينحرف المؤشر إلى نصف التدريج (200μA).
- عند توصيل مقاومة خارجية تساوي ضعف مقاومة الدائرة (Rx = 7500Ω) بين طرفي الاختبار ينحرف المؤشر إلى $\frac{1}{3}$ التدريج ($\frac{400}{3}$ μA).
- عند توصيل مقاومة خارجية تساوي 3 أمثال مقاومة الدائرة (Rx = 11250Ω) بين طرفي الاختبار ينحرف المؤشر إلى $\frac{1}{4}$ التدريج (100μA).
- يتم كتابة النتائج التي حصلت عليها على كل من تدريجي الجلفانومتر والأوميتر، ويعبِّر التدريج عن قيمة المقاومة الموصلة بين طرفي التوصيل فقط وليس عن المقاومة الكلية.

س١٢ علل: ١- تدريج الأوميتر عكس تدريج الأميتر
٢- تدريج الأوميتر غير منتظم

1- لأن المقاومة والتيار يتناسبان تناسبًا عكسيًا نظرًا لثبوت فرق الجهد.

2- لأن شدة التيار لا تتناسب عكسيًا مع المقاومة المجهولة فقط بل تتناسب عكسيًا مع مجموع المقاومة المجهولة والمقاومة العيارية.

ملاحظة!!

نوع التدريج غير المنتظم:

أ) يزداد بمقادير متساوية خلال مسافات غير متساوية.

ب) يزداد بمقادير غير متساوية خلال مسافات متساوية.

يقيس الأوميتر مقاومات من 0 إلي ∞.

عند أقصى انحراف لتدريج الميكرو أميتر (صفر تدريج الأوميتر) تنعدم المقاومة الخارجية؛ وذلك عند ملامسة طرفي الاختبار ببعضهما

لاحظ!!

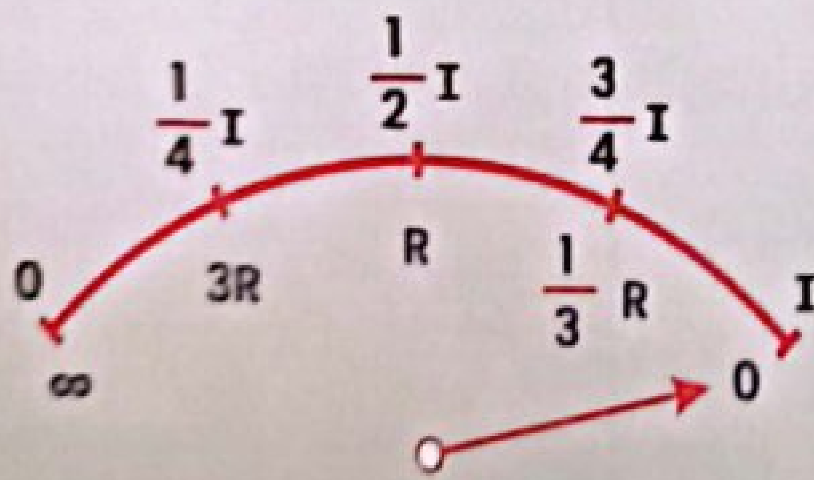
يعبِّر التدريج عن قيمة المقاومة الموصلة بين طرفي التوصيل فقط وليس عن المقاومة الكلية

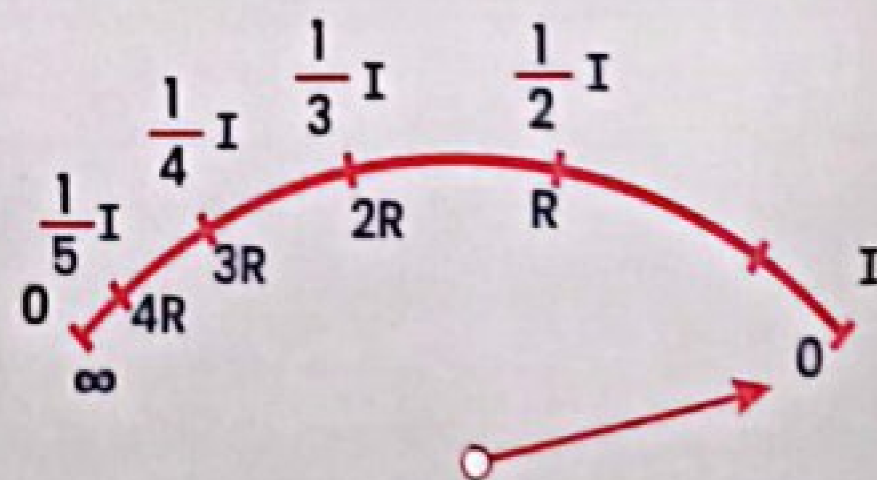
تدريج الأوميتر

قارن

شكل التدريج	يزداد بمقادير غير متساوية خلال مسافات متساوية	يزداد بمقادير متساوية خلال مسافات غير متساوية

حيث R هى مقاومة الأوميتر





س١٣ علل: القوة الدافعة الكهربية للعمود المستخدم في دائرة الأوميتر ثابتة

حتى لا تتغير شدة التيار أثناء ضبط مؤشر الأوميتر أو أثناء استخدامه؛ حيث تكون شدة التيار تتناسب عكسيًا مع قيمة المقاومة عند ثبوت بقية العوامل وهي القوة الدافعة الكهربية بالدائرة

كيف؟

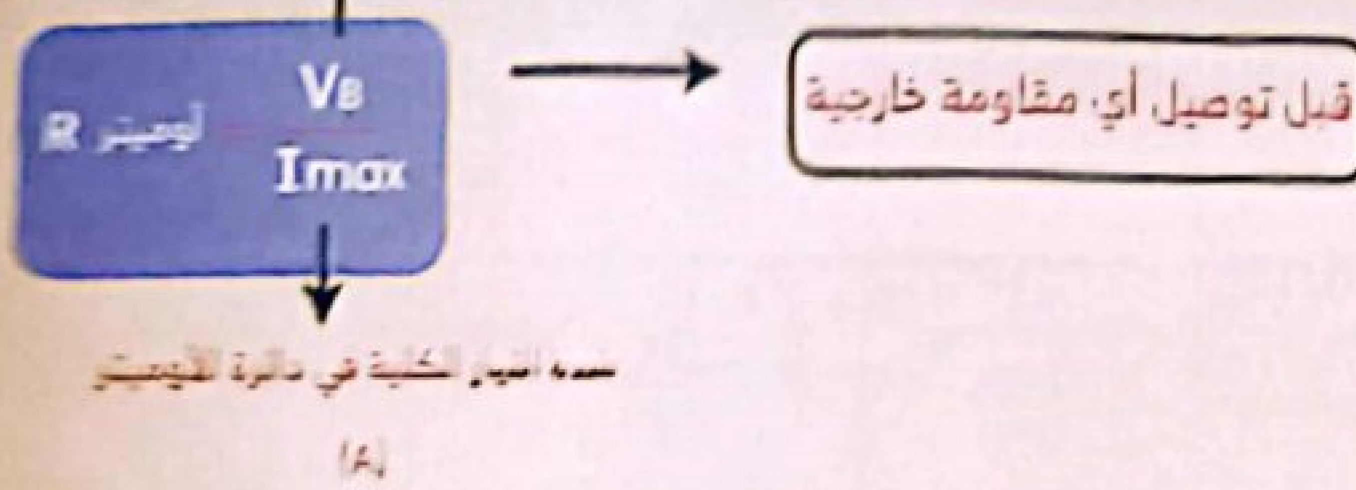
يمكن تعيين مقاومة مجهولة بالأوميتر؟

يتم تلامس طرفي الأوميتر فينحرف المؤشر ونعدل في المقاومة المتغيرة حتى ينحرف المؤشر إلى نهاية تدريج الميكروأميتر وهو صفر تدريج الأوميتر. ثم يتم توصيل المقاومة المجهولة بين طرفي الأوميتر

قوالين الأوميتر

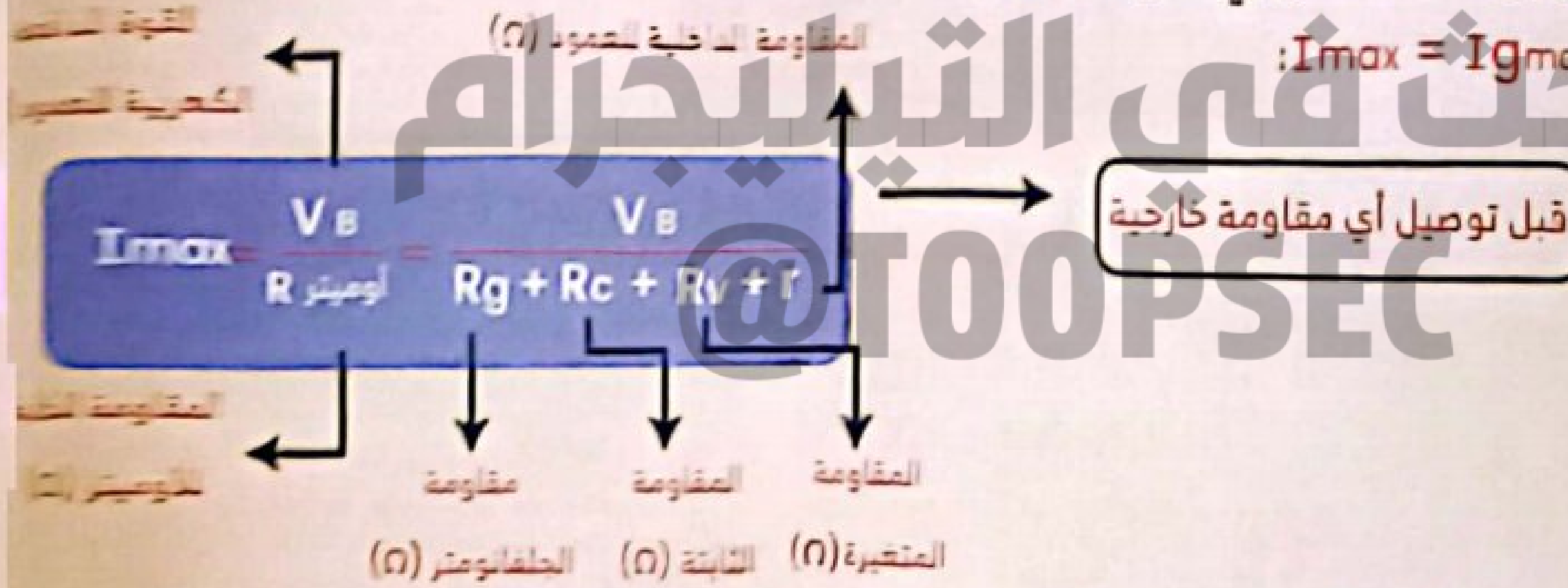
- لحساب المقاومة الكلية للأوميتر:

قبل توصيل أي مقاومة خارجية



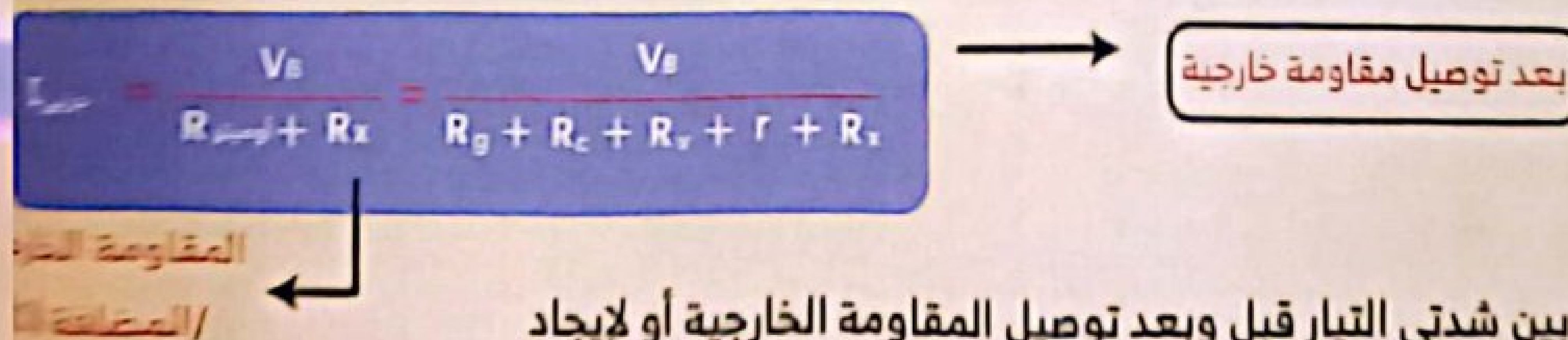
- لحساب أقصى شدة تيار يمكن أن تمر في دائرة الأوميتر (شدة التيار الكلية $I_{max} = Ig_{max}$):

قبل توصيل أي مقاومة خارجية

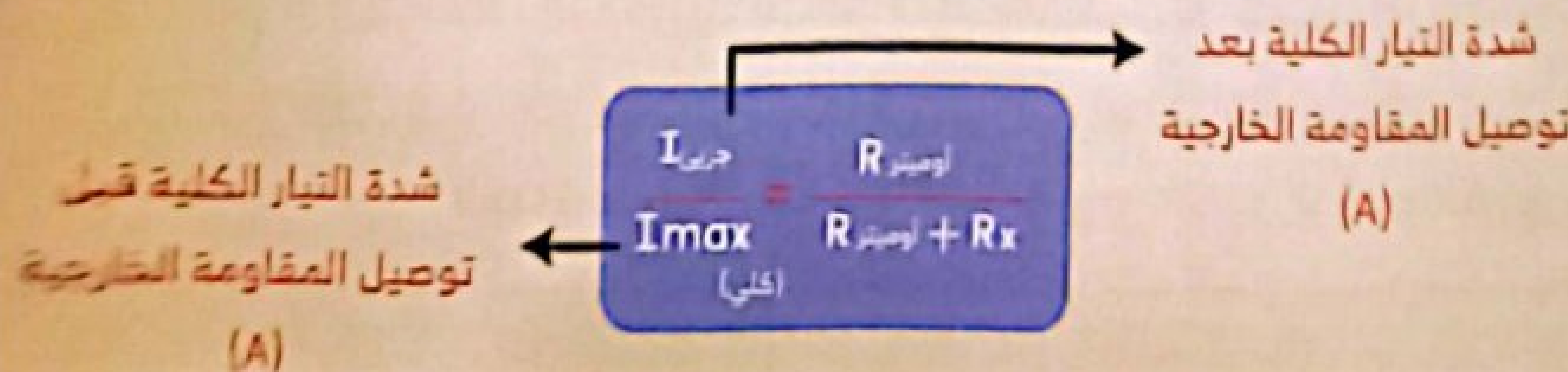


- لحساب شدة التيار في دائرة الأوميتر بعد توصيل المقاومة الخارجية:

بعد توصيل مقاومة خارجية



- لحساب النسبة بين شدتي التيار قبل وبعد توصيل المقاومة الخارجية أو لإيجاد قسمة المقاومة الخارجية بدلالة النسبة بين شدتي التيارين:



مثال

ميللي أميتر مقاومته 5Ω ، أقصى تيار يتحمله ملفه 15mA يُراد تحويله إلي أوميتر بإستخدام عمود قوته الدافعة الكهربية 1.5V ومقاومته الداخلية 1Ω .احسب قيمة المقاومة العيارية اللازمة والمقاومة الخارجية التي تجعل مؤشره ينحرف إلي 10mA
وكذلك شدة التيار المار به إذا وصل بمقاومة خارجية مقدارها 400Ω

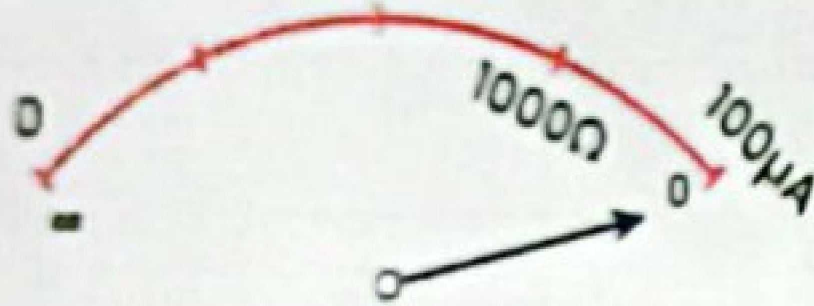
$$R_{[illegible]} = \frac{1.5}{0.015} = 100\,\Omega \rightarrow R = 100 - 5 - 1 = 94\,\Omega$$

$$R_{om} + R_x = \frac{1.5}{0.01} = 150\,\Omega \rightarrow R_x = 150 - 100 = 50\,\Omega$$

$$I = \frac{V_B}{R_{om} + R_x} = \frac{1.5}{100 + 400} = 3 \times 10^{-3} A$$

مثال

في الشكل المقابل:
أ) اكمل التدريج بالكامل. ب) احسب VB.



$$\frac{I_{\text{جزئي}}}{I_{\text{كلي}}} = \frac{R_{om}}{R_{om} + R_x}$$

$$1000 = \frac{1}{3} R_{om} \rightarrow R_{om} = 3000\Omega$$

$$V_B = 100 \times 10^{-6} \times 3000 = 0.3\,V$$

مثال

جلفانومتر ذو ملف متحرك لا يتحمل ملفه تيار يزيد عن 10 ميللي أمبير ، وكانت مقاومته 19.1 أوم أوجد مقدار المقاومة اللازمة لتعديل الجهاز ليصبح صالحاً للأستعمال (موضحاً طريقة التوصيل)

أ) كأميتر يقيس تيارت حتى 1A

ب) كفولتميتر لقياس فرق جهد أقصاه 5V

ج) كأوميتر باستخدام عمود 1.5V

أ- (تُوصل على التوازي مع ملف الجلفانومتر) $R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{0.01 \times 19.1}{1 - 0.01} = 0.193\,\Omega$

ب-(تُوصل على توالي مع ملف الجلفانومتر) $R_m = \frac{V - V_g}{I_g} = \frac{5 - 0.01 \times 19.1}{0.01} = 480.9\,\Omega$

ج- $R_{om} = \frac{V_B}{I_{max}} = \frac{1.5}{0.01} = 150\,\Omega \rightarrow R_C = 150 - 19.1 = 130.9\,\Omega$

(تُوصل على توالي مع ملف الجلفانومتر)

الوحدة الأولى: الكهربية التيارية والكهرومغناطيسية

الفصل الثالث: الحث الكهرو مغناطيسى

المحاضرة الأولى

القوة الدافعة الكهربية المستحثة وقانون فاراداي

تمهيد

رأينا في الفصل السابق اكتشاف العالم أورستد أن التيار الكهربي له مجال وتأثير مغناطيسي. ثم ظهر تسلا: هل يمكن أن يحدث العكس؟؛ أن تتولد ق.د.ك من التأثير المغناطيسي ويتولد تيار كهربي في دائرة مغلقة؟ توصَّل إلى إجابة هذا التساؤل العالم فارادي Faraday في أحد أعظم الانتصارات في الفيزياء؛ وهو اكتشاف الحث الكهرومغناطيسي الذي تُبنى عليه فكرة عمل وتشغيل معظم الأجهزة الكهربية في عالمنا اليوم كالمولدات والمحولات الكهربية وغيرها.

تجـربة فاراداي

- **الغرض من التجربة:**

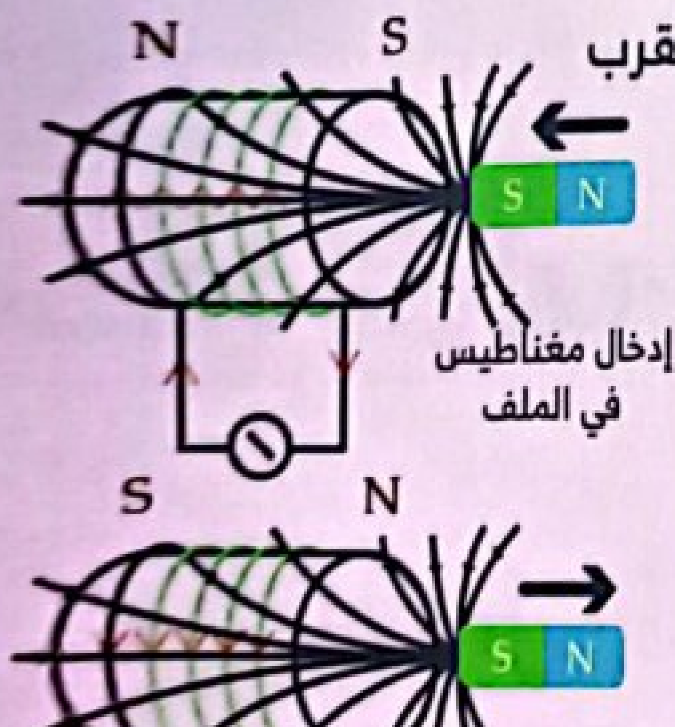
الحصول على ق.د.ك مستحثة وتيار مستحث من التأثير المغناطيسي أي في وجود المجال المغناطيسي

تحويل الطاقة الميكانيكية (الحركية) إلى طاقة كهربية.

- **الخطوات والملاحظة:**

إعداد ملف من سلك من النحاس لفاته معزولة عن بعضها البعض، وتوصيل طرفي الملف بجلفانومتر صفر تدريجه في المنتصف وتثبيت مغناطيس بالقرب من الملف.

نلاحظ: لا ينحرف مؤشر الجلفانومتر.ر



- تقريب المغناطيس من الملف.

نلاحظ: ينحرف المؤشر لحظيًا في اتجاه معين.

- إبعاد المغناطيس عن الملف.

نلاحظ: ينحرف المؤشر لحظيًا في الاتجاه المعاكس.

الحث الكهرومغناطيسي

ظاهرة تولد قوة دافعة كهربية مستحثة وكذلك تيار كهربي مستحث في موصل في دائرة مغلقة نتيجة تغير الفيض المغناطيسي الذي يقطعه

عرف

قاعدة لنز

- **الاستخدام: (الوظيفة)**

تحديد اتجاه التيار الكهربي المستحث المتولد في ملف عند تغير الفيض المغناطيسي الذي يقطعه.

- **نص القاعدة:**

يكون اتجاه التيار الكهربي المستحث في ملف بحيث يعاكس (يضاد) التغير في الفيض المغناطيسي المسبب له.

(في حالة زيادة المجال المؤثر على الملف يقوم الملف بعمل مجال معاكس ,وفي حالة نقص المجال المؤثر على الملف يقوم الملف بعمل مجال في نفس الإتجاه)

- **تحقيق (توضيح) القاعدة:**

عند تقريب قطب جنوبي (S) لمغناطيس من الملف كما بالشكل:

- يتولد في الملف ق.د.ك مستحثة ويمر تيار مستحث.
- يكون اتجاه هذا التيار المستحث بحيث يولد مجالاً يقاوم الزيادة في الفيض المغناطيسي المؤثر (نتيجة التقريب).

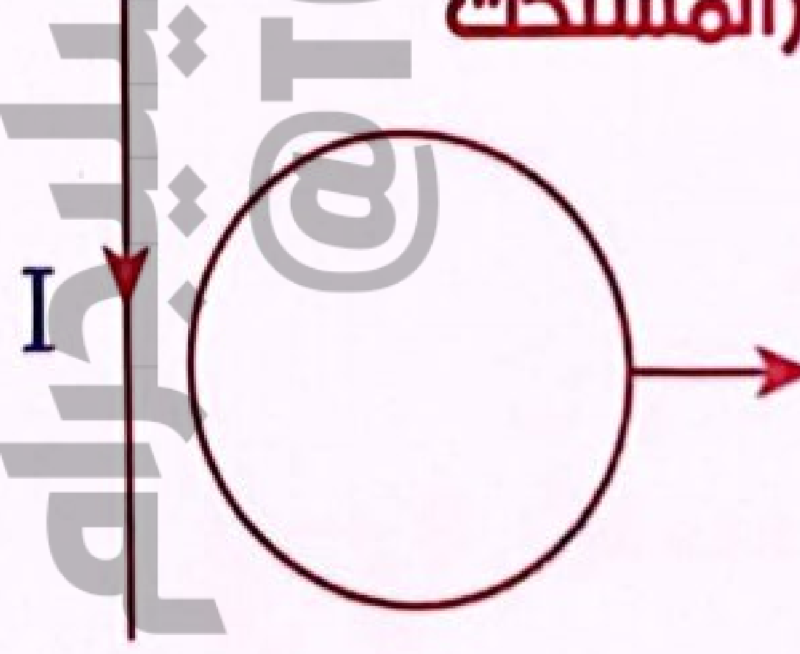
عند إبعاد قطب جنوبي (S) لمغناطيس عن الملف كما بالشكل:

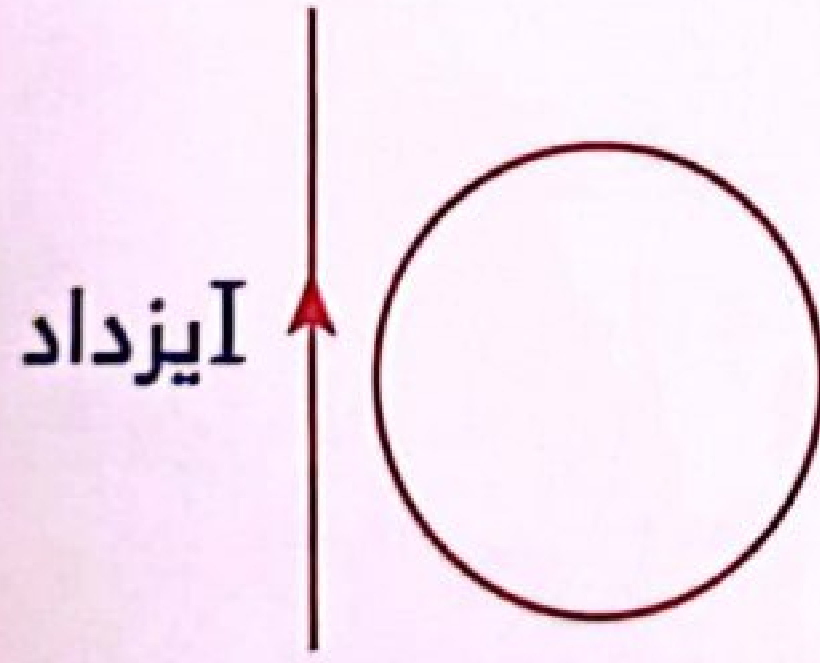
- يتولد في الملف ق.د.ك مستحثة ويمر تيار مستحث.
- يكون اتجاه هذا التيار المستحث بحيث يولد مجالاً يقاوم النقص في الفيض المغناطيسي المؤثر (نتيجة الإبعاد).
- وبالتالي يتكون عند طرف الملف الأقرب

× × × ×	× × × ×	• • • •	• • • •
(المجال يزداد) يمر تيار عكس عقارب الساعة	(المجال يقل) يمر تيار مع عقارب الساعة	(المجال يزيد) يمر تيار مع عقارب الساعة	(المجال يقل) يمر تيار عكس عقارب الساعة

حاول بنفسك؟

- حدد اتجاة التيار المستحث





لاحظ!!

إذا كان كل من الملف والمغناطيس يتحركان بنفس السرعة، وفي نفس الاتجاه لن تتولد ق.د.ك مستحثة أو تيار مستحث في الملف؛ لأنه لا تكون هناك سرعة نسبية بين حركتيهما وبالتالي لا يكون هناك قطع لخطوط الفيض المغناطيس.

يتناسب مقدار القوة الدافعة المستحثة المتوسطة (emf) طردياً مع المعدل الزمني الذي يقطع به الملف خطوط الفيض (المعدل الزمني للتغير في الفيض):

$$emf \propto \frac{\Delta \phi m}{\Delta t}$$

- يتناسب مقدار القوة الدافعة المستحثة المتوسطة (emf) طردياً مع عدد اللفات التي تقطع خطوط الفيض:

$$emf \propto N$$

- لذلك يكون:

$$\therefore emf = -N \frac{\Delta \phi m}{\Delta t}$$

لا تؤثر الإشارة السالبة في قانون فارادي على قيمة القوة الدافعة الكهربية المستحثة ولكن تدل على أن اتجاه القوة الدافعة المستحثة وكذلك اتجاه التيار المستحث بحيث يعاكس التغير في الفيض المغناطيسي المسبب له تبعًا لقاعدة لنز.

لاحظ!!

يُقاس متوسط القوة الدافعة الكهربية المستحثة (emf) بوحدة الفولت، ويُقاس التغير في الفيض الكلي (φm) الذي يخترق الملف بوحدة الوبر (Wb) وتكافئ فولت.ثانية (V.s) "

الوبر

الفيض المغناطيسي الذي يخترق عموديًا لفة واحدة من ملف وعندما يتلاشى تدريجيًا بإنتظام خلال ثانية واحدة يتولد في الملف قوة دافعة كهربية مستحثة مقدارها 1 فولت

عرف

حساب القوة الدافعة المستحثة المتوسطة المتولدة في ملف يقطع فيض مغناطيسي متغير (قانون فاراداي)

تتعين متوسط القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة في ملف عدد لفاته N ويتغير الفيض المغناطيسي الذي تقطعه لفاته بمعدل $\Delta\phi m/\Delta t$ من العلاقة:

$$emf = -N\frac{\Delta\phi m}{\Delta t}$$

$$emf = IR = \frac{\Delta Q}{\Delta t}R$$

$$\Delta\phi m = \Delta[BA\sin(\theta)]$$

$$\Delta\phi m = [BA].[\Delta\sin(\theta)]$$
" إذا كان التغير في $\sin(\theta)$ "

$$\Delta\phi m = \Delta A.[B\sin(\theta)]$$
" إذا كان التغير في A "

$$\Delta\phi m = \Delta B.[A\sin(\theta)]$$
" إذا كان التغير في B "

إذا لم يذكر Δt وكان معطى في السؤال ΔR , Q نستخدم العلاقة الآتية (نظراً لتساوي Δt في كل من الطرفين):

$$\Delta Q.R = -N\Delta\phi m$$

ملاحظة!!

يمكن توليد قوة دافعة كهربية مستحثة في ملف يقطع خطوط الفيض المغناطيسي عن طريق

- تغيير مقدار أو اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر.
- تغيير مساحة الملف المعرضة للمجال المغناطيسي.
- تغيير زاوية ميل المجال المغناطيسي على مستوى الملف.

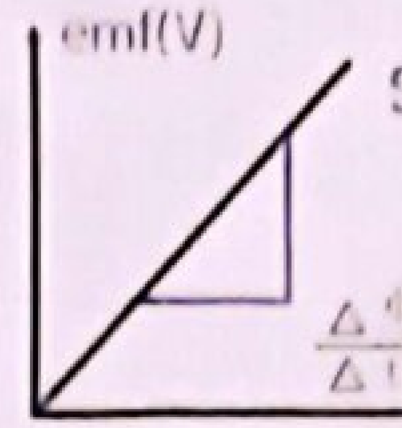
لاحظ!!

قد تتولد قوة دافعة كهربية مستحثة في ملف يتعرض لفيض مغناطيسي متغير ولا يمر تيار كهربي مستحث وذلك إذا كانت دائرة الملف مفتوحة.

ما زال التغافل من فعل الكرام - الحسن البصري

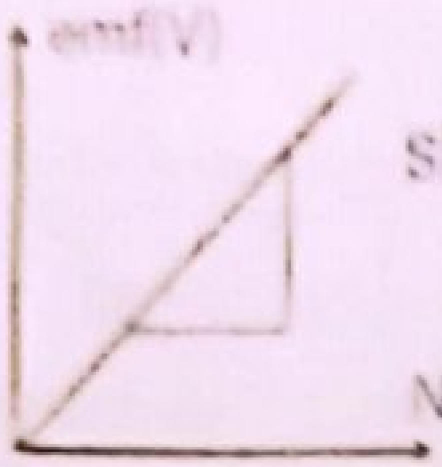
العوامل التي يتوقف عليها مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة في ملف

المعدل الزمني الذي يقطع به الملف الفيض المغناطيسي
$(emf \propto \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t})$



$Slope = \frac{\Delta emf}{\Delta(\frac{\Delta \phi_m}{\Delta t})} = N$

عدد لفات الملف $emf \propto N$



$Slope = \frac{\Delta emf}{\Delta N} = \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t}$

ملاحظة!!

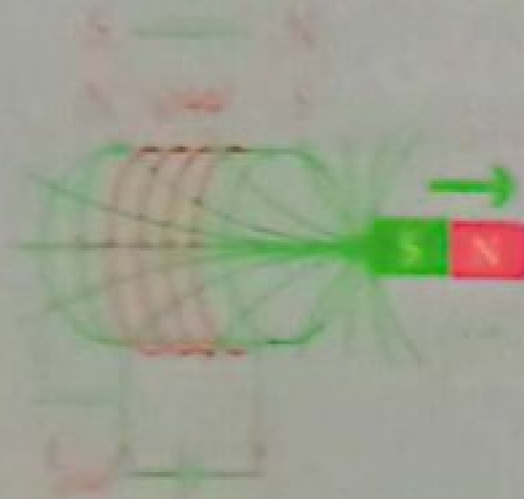
يمكن زيادة القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة في ملف عن طريق:

- زيادة عدد لفات الملف.
- زيادة النفاذية المغناطيسية للوسط (استخدام قلب من الحديد).
- زيادة سرعة الحركة النسبية بين المغناطيس والملف.
- زيادة قوة المغناطيس المستخدم.

«الفيض المغناطيسي تشمل: (قوة المغناطيس - المسافة بين المغناطيس والملف - وجود قلب معدني)

عند تقريب أو إبعاد مغناطيس من ملف متصل بدائرة كهربية مغلقة تحتوي على بطارية يصبح لدينا مجالان مغناطيسيان:

- مجال مغناطيسي أصلي ينشأ من التيار الأصلي للدائرة (الناتج من البطارية).
- مجال مغناطيسي مستحث ينشأ من التيار المستحث الناتج عن القوة الدافعة الكهربية المتولدة في الدائرة.

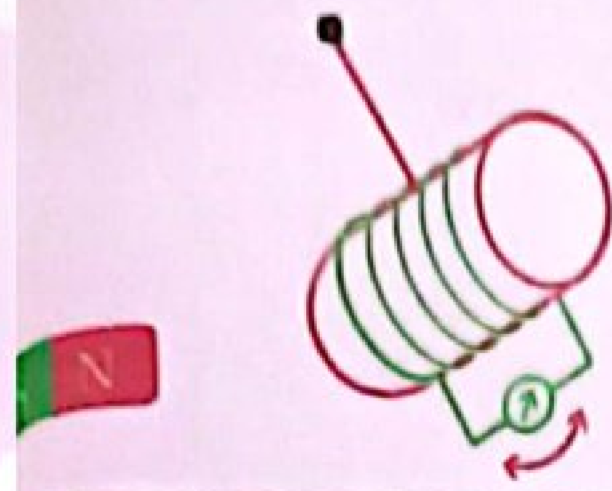


؟! علل تزداد emf المستحثة المتولدة في الملف إذا كان قلبه مصنوع من الحديد.

لأن معامل النفاذية المغناطيسية للحديد كبير فيعمل على زيادة تركيز خطوط الفيض التي يقطعها الملف فتزيد emf المستحثة.

مثال

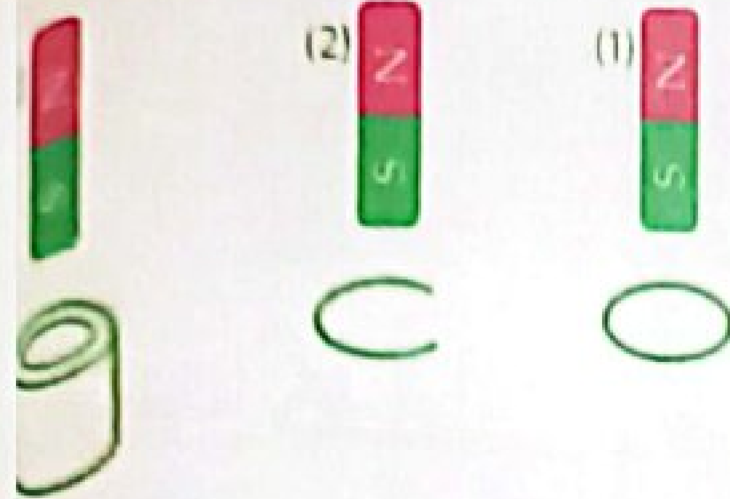
ماذا يحدث لسرعة الملف عند تركه بدءاً من الوضع الموضح ؟



تقل سعة الاهتزازة للملف المهتز لأنه عندما يقترب من المغناطيس يتولد في الملف emf مستحثة ومجال مستحث يقاوم اقتراب الملف فيبطؤه وعند ابتعاد الملف يحاول المجال المغناطيسي استبقاء الملف فيبطؤه مرة أخرى.

مثال

أي مغناطيس يصل إلى الأرض أولاً؟ ولماذا؟



- المغناطيس (1):

- عند اقتراب المغناطيس (1) من حلقته تقطع الحلقة خطوط الفيض فتتولد ق.د.ك مستحثة $emf = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$ وتيار مستحث $I = \frac{emf}{R}$ ومجال مغناطيسي $B = \frac{\mu NI}{2r}$ ، ومن قاعدة لنز يكون القطب المواجه للمغناطيس أثناء اقترابه جنوبي فيحدث تنافر بين الحلقة والمغناطيس يؤدي إلى تقليل السرعة ولا يؤدي أبدًا إلى سكون المغناطيس (لأنه لو سكن المغناطيس لحظيًا لانعدم التيار المستحث في الحلقة فيعاود المغناطيس السقوط).

- أثناء ابتعاد المغناطيس عن الحلقة تقطع الحلقة خطوط الفيض فيتولد فيها emf و تيار مستحث ومجال مغناطيسي، ومن قاعدة لنز يكون القطب المواجه للمغناطيس جنوبي فيحدث تجاذب بين الحلقة والمغناطيس يؤدي إلى تقليل سرعة المغناطيس، إذًا تقل السرعة المتوسطة لسقوط المغناطيس المار من الحلقة المغلقة فيتأخر وصوله للأرض.

- المغناطيس (2):

أثناء اقتراب المغناطيس (2) من الحلقة فإن حلقته تقطع خطوط الفيض ويتولد فيها قوة دافعة كهربية مستحثة ولكن تيارها يساوي صفر حيث انها تعتبر دائرة مفتوحة، فيسقط المغناطيس المار فيها بسرعة.

- المغناطيس (3):

نظراً لأن المساحة (A) التي يمر منها المغناطيس كبيرة، فتكون مقاومة الحلقة صغيرة $R \propto \frac{1}{A}$

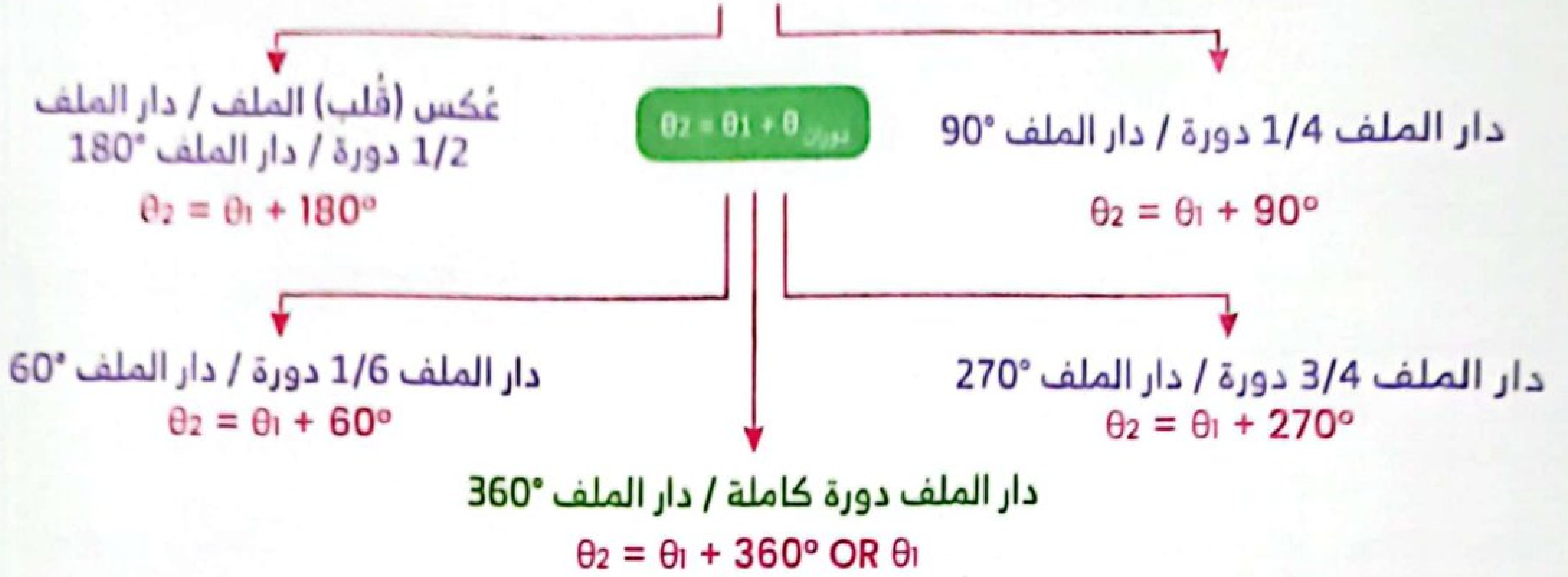
فيكون التيار المار كبير $I = \frac{emf}{R}$

فيكون المجال المغناطيسي (B) الناشئ كبير $B = \frac{\mu NI}{2r}$ ، إذًا أثناء الاقتراب يكون التنافر أقوى من (1) وأثناء الابتعاد يكون التجاذب أقوى من (1)، إذًا المغناطيس (3) يتأخر في الوصول للأرض أكثر من المغناطيس (1)، إذًا المغناطيس (2) هو الذي يصل للأرض أولًا.

أفكار هامة على المسائل

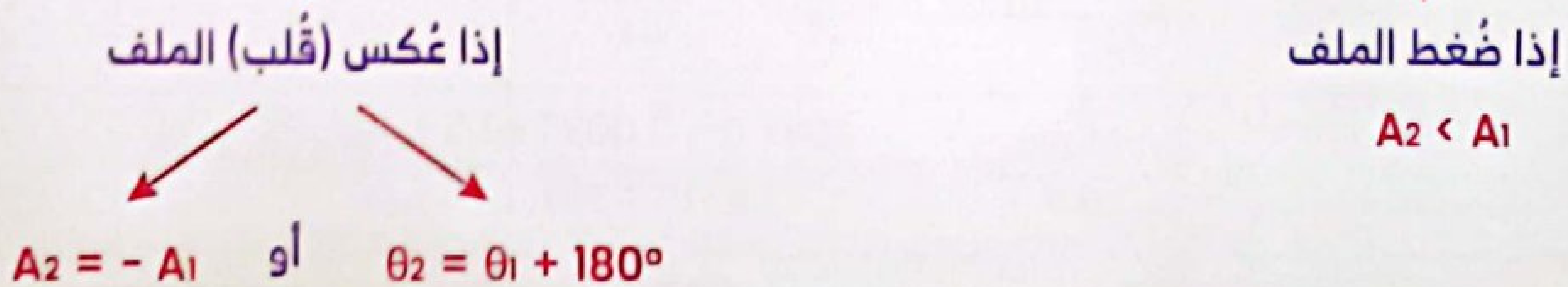
$$\Delta \sin(\theta) = \sin(\theta_2) - \sin(\theta_1)$$

إذا كان الملف عمودياً على ($\theta_1=90^\circ$) / موازياً ($\theta_1=0^\circ$) ل خطوط الفيض، ثم



$$\Delta B = B_2 - B_1$$

$$\Delta A = A_2 - A_1$$



f- احسب كل من شدة التيار المار وعدد الالكترونات المارة في الحالة الأولى علماً بأن مقاومة دائرة الملف 10Ω.

a- دار الملف ربع دورة(90°)أي اصبح موازياً لخطوط الفيض أي تكون $\varphi m2 = 0$.

$$emf = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -80\times\frac{(0-0.0625\times0.2)}{0.05} = 20\ V$$

- حل آخر عن طريق استخدام الزاوية:

$$emf = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -80\times\frac{(0.0625\times0.2\times\sin(90+90)-0.0625\times0.2\times\sin(90))}{0.05} = 20\ V$$

b- دار الملف نصف دورة (180°) أي عُكس اتجاه الفيض أي تكون $\varphi m2 = -\varphi m1$.

$$emf = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N\frac{(-\phi_{m1}-\phi_{m1})}{\Delta t} = -80\times\frac{(-2\times0.0625\times0.2)}{0.05} = 40\ V$$

c- دار الملف 3/4 دورة (270°) أي اصبح موازياً لخطوط الفيض أي تكون $\varphi m2 = 0$.

$$emf = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -80\times\frac{(0-\times0.0625\times0.2)}{0.5} = 2\ V$$

d- دار الملف دورة كاملة (360°) أي اصبح عمودياً على للفيض أي تكون $\varphi m2 = \varphi m1$.

$$emf = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N\frac{(\phi_{m1}-\phi_{m1})}{\Delta t} = 0$$

e- أُخرج الملف من الفيض أي تكون $\varphi m2 = 0$.

$$emf = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -80\times\frac{(0-\times0.0625\times0.2)}{0.25} = 4\ V$$

f- $emf = IR \longrightarrow I = \frac{20}{10} = 2A$, $emf = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = \frac{N_e.e}{\Delta t}.R$

$$N_e = \frac{-N\Delta\phi_m}{e\,R} = \frac{-80\times(0-0.0625\times0.2)}{1.6\times10^{-19}\times10} = 6.25\times10^{17}\ e$$

المحاضرة الثانية

الحث المتبادل بين ملفين والحث الذاتي لملف

تمهيد

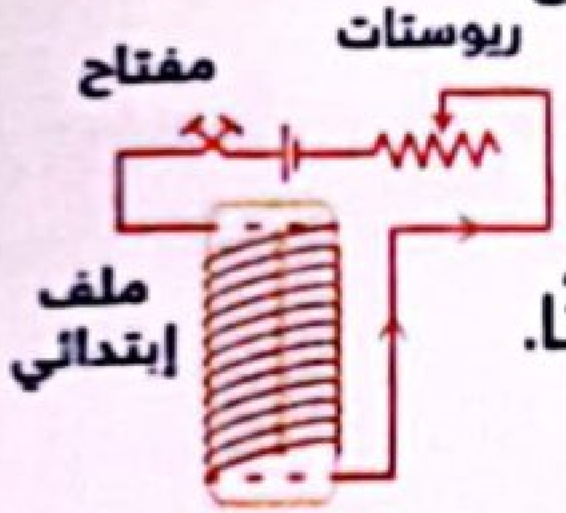
إذا وُضع ملفين أحدهما داخل الآخر أو أحدهما بالقرب من الآخر فإن تغير شدة التيار الكهربي في أحدهما يولد قوة دافعة كهربية مستحثة في الملف الآخر. ويمكن التحقق من ذلك عمليًا من خلال إجراء التجربة التالية:

تجـربة الحث المتبادل بين ملفين

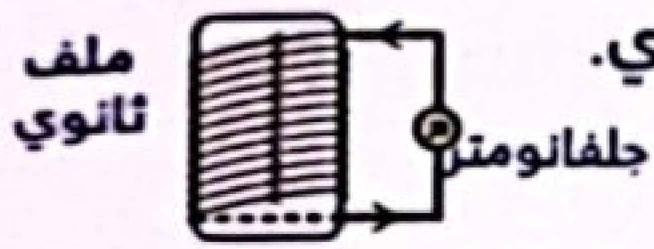
الأدوات:

ملف ابتدائي: وصل ملف ببطارية ومفتاح وريوستات، عند غلق دائرة الملف الابتدائي وتغير قيمة الريوستات يمر بالملف تيار كهربي متغير الشدة فيتولد حوله وبداخله مجال مغناطيسي ويصبح له أقطاب.

ملف ثانوي: سلك نحاس رفيع معزول ملفوف حول أسطوانة من الحديد المطاوع متصل بجلفانومتر حساس صفر تدريجه في المنتصف، وهذا الملف يقطع خطوط الفيض المغناطيسي المتغير فيتولد فيه قوة دافعة كهربية مستحثة وإذا كانت دائرة الملف الثانوي مغلقة فإن القوة الدافعة الكهربية المستحثة تولد تيارًا كهربيًا مستحثًا.



الخطوات والملاحظة:



1- أغلق دائرة الملف الابتدائي وقرِّب (أدخل) الملف الابتدائي من (في) الملف الثانوي.

لاحظ: ينحرف جلفانومتر الملف الثانوي في اتجاه معين لحظياً.

2- أبعد (أخرج) الملف الابتدائي عن (من) الملف الثانوي.

لاحظ: ينحرف المؤشر في الاتجاه المضاد لحظياً.

3- ثبت الملف الابتدائي داخل الملف الثانوي مع زيادة شدة التيار بنقص مقاومة الريوستات(إغلاق الدائرة) في الملف الابتدائي.

لاحظ: ينحرف مؤشر جلفانومتر الملف الثانوي لحظياً في نفس الاتجاه الأول.

4- ثبت الملف الابتدائي داخل الملف الثانوي مع نقص شدة التيار بزيادة مقاومة الريوستات (فتح الدائرة) في الملف الابتدائي.

لاحظ: ينحرف المؤشر لحظياً في نفس الاتجاه الثاني (الاتجاه المضاد).

الاستنتاج:

يمكن توليد قوة دافعة كهربية مستحثة وكذلك تيار كهربي مستحث في ملف ثانوي بتأثير ملف آخر ابتدائي، حيث تتولد :

أ) ق.د.ك مستحثة عكسية وتيار مستحث عكسي عند زيادة شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن الملف الإبتدائي، فيكون المجال المغناطيسي المستحث في الملف الثانوي في اتجاه مضاد ليقاوم الزيادة في شدة المجال المغناطيسي المؤثر.

ب) ق.د.ك مستحثة طردية وتيار مستحث طردي عند نقصان شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن الملف الإبتدائي، فيكون المجال المغناطيسي المستحث في الملف الثانوي في نفس الاتجاه ليقاوم النقص في شدة المجال المغناطيسي المؤثر.

الحث المتبادل بين ملفين

هو التأثير الكهرومغناطيسي الحادث بين ملفين متجاورين أو متداخلين يمر بأحدهما تيار متغير الشدة فيتأثر به الثاني ويتولد فيه تيار مستحث يقاوم التغير الحادث في الملف الاول

عرف

مقارنة بين أسباب وحالات توليد ق.د.ك طردية - عكسية

قارن

	ق.د.ك الطردية	ق.د.ك العكسية
أسباب تولدها	عند تناقص شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن الملف الابتدائي فإن المجال المغناطيسي المستحث في الملف الثانوي والناشئ عن التيار الكهربي المستحث المتولد في الملف الثانوي يكون نفس الاتجاه ليقاوم النقص في شدة المجال المغناطيسي المؤثر.	- عند زيادة شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن الملف الإبتدائي فإن المجال المغناطيسي المستحث في الملف الثانوي والناشئ عن التيار الكهربي المستحث المتولد في الملف الثانوي يكون في اتجاه مضاد ليقاوم الزيادة في شدة المجال المغناطيسي المؤثر.
حالات تولدها	يمكن إنقاص شدة المجال المغناطيسي وبالتالي تتكون ق.د.ك مستحثة طردية وتيار مستحث طردي بإحدى الطرق الآتية: 1. ابعاد الملفين عن بعضهما البعض - إخراج الملف الابتدائي من الملف الثانوي. 2. انهيار التيار في الملف الابتدائي بفتح الدائرة نقص التيار في الملف الابتدائي وذلك بزيادة المقاومة. 3. إنقاص الفيض.	يمكن زيادة شدة المجال المغناطيسي وبالتالي تتكون ق.د.ك مستحثة عكسية وتيار مستحث عكسي بإحدى الطرق الآتية: 1. اقتراب الملفين من بعضهما - إدخال الملف الابتدائي داخل الملف الثانوي. 2. نمو التيار في الملف الابتدائي بغلق الدائرة - زيادة التيار في الملف الابتدائي وذلك بإنقاص المقاومة. 3. زيادة الفيض بوضع قلب حديدي.

يؤثر المجال المغناطيسي المتغير للملف الابتدائي في الملف الثانوي مولدًا فيه قوة دافعة كهربية مستحثة وتيار مستحث، والتيار المستحث المتولد في الملف الثانوي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يعمل على مقاومة التغير في المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار الملف الابتدائي (تبعاً لقاعدة لنز) فيؤثر فيه ويتولد تبعًا لذلك تيار مستحث في الملف الابتدائي وهكذا ... ، أي أن الملف الابتدائي والملف الثانوي يؤثر كل منهما على الآخر ولذلك يسمى التأثير في هذه الحالة الحث المتبادل بين ملفين.

": قال عمر بن الخطاب رضي الله عنه

"إنّ أفضل عيش أدركناه بالصبر، ولو أنّ الصبر كان من الرجال كان كريمًا"

استنتاج قانون معامل الحث المتبادل بين ملفين

عند تغير شدة التيار المار في الملف الإبتدائي بمعدل $\Delta I_1/\Delta t$ يتولد في الملف الثانوي emf مستحثة تتناسب طرديًا مع معدل التغير في الفيض المغناطيسي المار به تبعًا لقانون فارادي:

$$emf_2 \propto \frac{\Delta \phi m_2}{\Delta t}$$

ويتناسب معدل التغير في الفيض المغناطيسي تناسبًا طرديًا مع معدل التغير في شدة التيار المار في الملف الابتدائي:

$$\frac{\Delta \phi m_2}{\Delta t} \propto \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\therefore emf_2 \propto \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \rightarrow emf_2 = const. \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\therefore emf_2 = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

(M) معامل الحث المتبادل بين الملفين ويُقاس بـ الهنري (H)

معامل الحث المتبادل M

يُقدر بمقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة في أحد الملفين عند تغير شدة التيار المار في الملف الآخر بمعدل 1 أمبير لكل ثانية

عرف

الهنري H

هو معامل الحث المتبادل بين ملفين إذا تغيرت شدة تيار أحدهما بمعدل 1 أمبير لكل ثانية يتولد بالحث بين طرفي الملف الآخر emf مستحثة مقدارها 1 فولت

يُقاس معامل الحث المتبادل بوحدة الهنري (H) وتكافئ ←

H (الهنري): $\frac{V.S}{A}$ ، $\Omega.s$ ، $\frac{Wb}{A}$

عرف

العوامل التي يتوقف عليها معامل الحث المتبادل

- معامل النفاذية المغناطيسية للوسط (وجود قلب من الحديد داخل الملفين)
- عدد لفات الملفين
- الحجم والشكل الهندسي للملفين (طول الملفين- مساحة اللفة)
- المسافة الفاصلة بين الملفين

حساب قانون الحث المتبادل بين ملفين وحساب معامل الحث المتبادل

تتعين القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة الملف الثانوي الذي عدد لفاته N_2 ويتغير الفيض المغناطيسي الذي يقطعه لفاته بمعدل $\Delta\phi m_2/\Delta t$ بتأثير تغير التيار في الملف الابتدائي I_1 عندما يكون معامل الحث المتبادل بين الملفين هو M من إحدى العلاقتين التاليتين:

$$emf_2 = -N_2 \frac{\Delta\phi m_2}{\Delta t} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

- معدل تغير الفيض المغناطيسي خلال لفات الملف الثانوي (Wb/s)
- عدد لفات الملف الثانوي
- معدل تغير شدة التيار في الملف الابتدائي (A/s)
- القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة في الملف الثانوي (V)
- معامل الحث المتبادل بين الملفين (H)

$$emf = I_2 R = \frac{\Delta Q_2}{\Delta t} R$$

$\phi m_2 = B_1 A_2$
دائماً $\theta = 90 , \sin(\theta) = 1$

ولحساب معامل الحث المتبادل M:

$$M = \frac{emf_2}{\Delta I_1/\Delta t} = \frac{N_2 \Delta\phi m_2}{\Delta I_1}$$

- التغير في الفيض المغناطيسي في الملف الثانوي (Wb)
- التغير في شدة التيار في الملف الابتدائي (A)

إذا لم يذكر Δt نستخدم العلاقة الأتية (نظراً لتساوي Δt في كل من الطرفين).

وإذا كان الملفين عبارة عن ملفين لولبيين ملفوفين على نفس القلب؛ بحيث الملف الإبتدائي عدد لفاته N_1 وطول محوره L_1 ويمر به تيار كهربي I_1، والملف الثانوي عدد لفاته N_2 ومساحة وجهه A_2؛ فيمكن استنتاج القانون الأتي لحساب معامل الحث المتبادل بين ملفين لولبيين بدلالة عناصر الملفين:

$$M = \frac{N_2 \Delta\phi m_2}{\Delta I_1} = \frac{N_2 (\phi m_2 - 0)}{(I_1 - 0)} = \frac{N_2 (B_1 A_2)}{I_1} \quad , \quad B_1 = \frac{\mu N_1 I_1}{l_1}$$

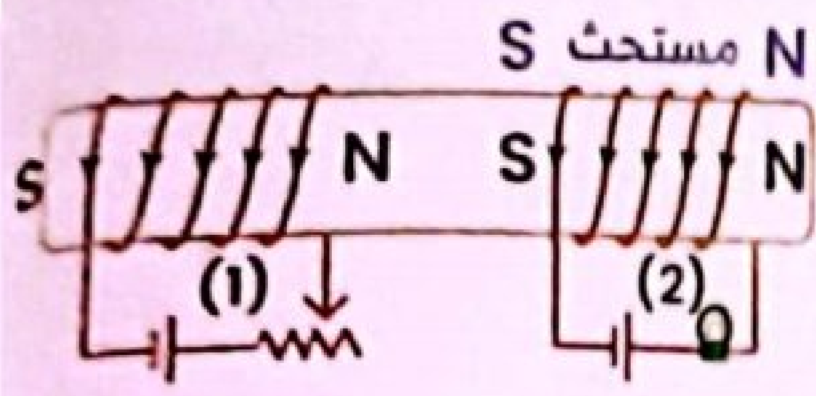
$$M = \frac{N_2 A_2}{I_1} \cdot \frac{\mu N_1 I_1}{l_1} = \frac{\mu N_1 N_2 A_2}{L_1}$$

$$M = \frac{\mu N_1 N_2 A_2}{L_1}$$

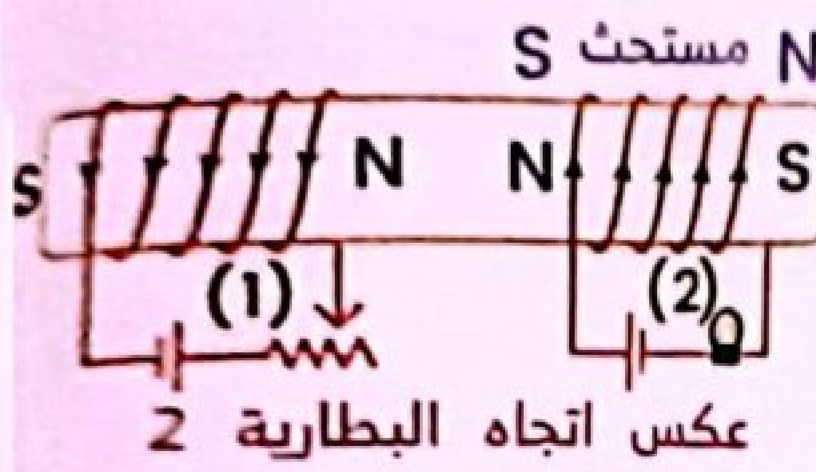
- عدد لفات الملفين
- معامل النفاذية المغناطيسية (Wb/A.m)
- مساحة وجه الملف الثانوي (m^2)
- معامل الحث المتبادل بين الملفين (H)
- طول محور الملف الإبتدائي (m)

ماذا يحدث لإضاءة المصباح في كل حالة من الحالات الآتية عند زيادة ريوستات (1)

عند زيادة ريوستات 1 يقل تياره، فيعمل كمغناطيس يبتعد بشماله فيقل الفيض، فيتولد في 2 قطب جنوبي مستحث مواجه للقطب الشمالي في الملف 1 أي يكون التيار المستحث في نفس اتجاه التيار الأصلي فيزيد تيار 2 لحظيًا فتزداد إضاءة المصباح لحظيًا.



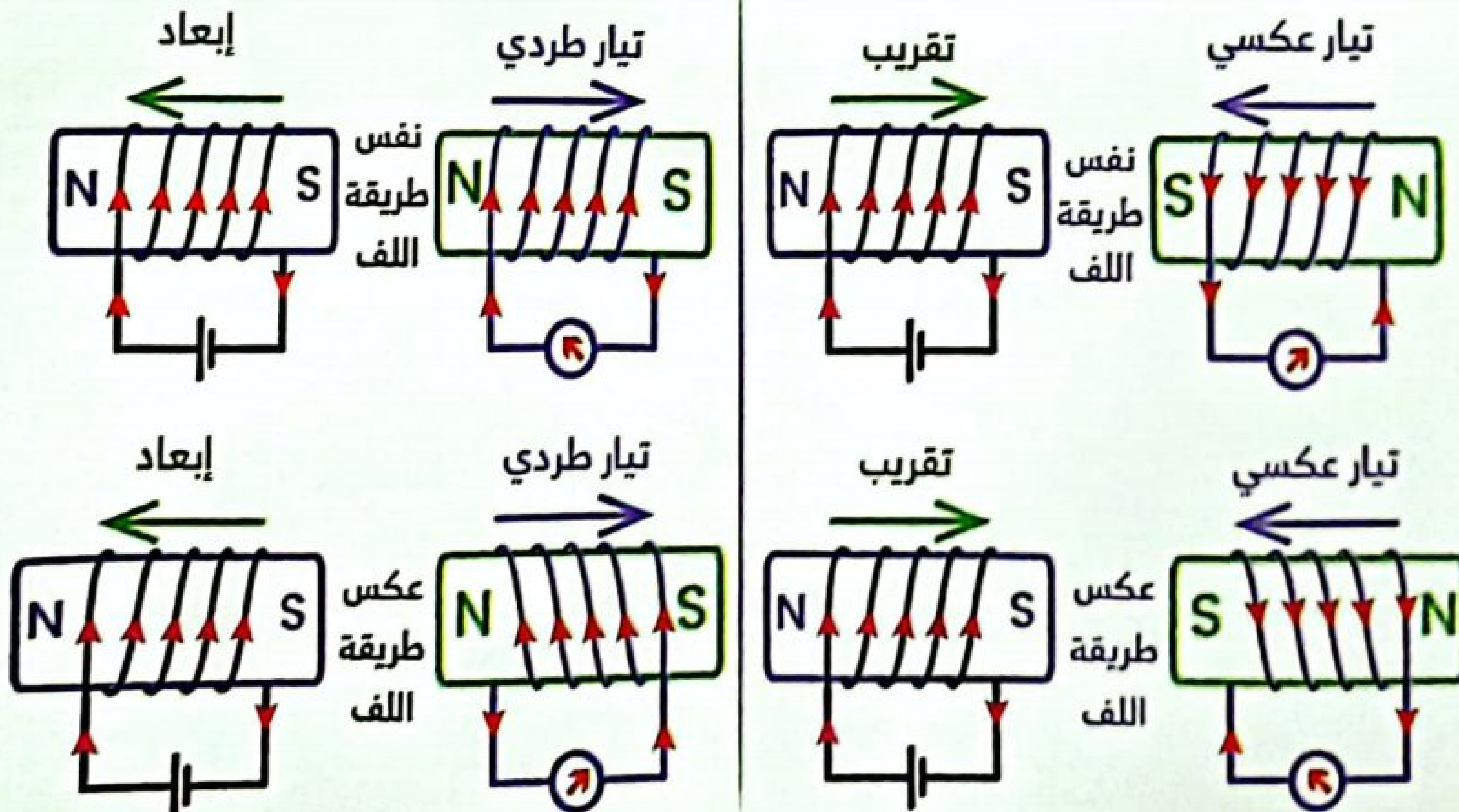
عند زيادة ريوستات 1 يقل تياره، فيعمل كمغناطيس يبتعد بشماله فيقل الفيض، فيتولد في 2 قطب جنوبي مستحث مواجه للقطب الشمالي في الملف 1 أي يكون التيار المستحث في عكس اتجاه التيا ر الأصلي فيقل تيار 2 لحظيًا أي تقل إضاءة المصباح لحظيًا.



عند زيادة ريوستات 1 يقل تياره، فيعمل كمغناطيس يبتعد بشماله فيقل الفيض، فيتولد في 2 قطب جنوبي مستحث مواجه للقطب الشمالي في الملف 1 أي يكون التيار المستحث في عكس اتجاه التيار الأصلي فيقل تيار 2 لحظيًا أي تقل إضاءة المصباح لحظيًا.

لاحظ!!

إذا انعكس وضع أحد البطاريات أو طريقة اللف في الملفين يختلف اتجاه القوة الدافعة المستحثة وبالتالي اتجاه التيار المستحث كالتالي:



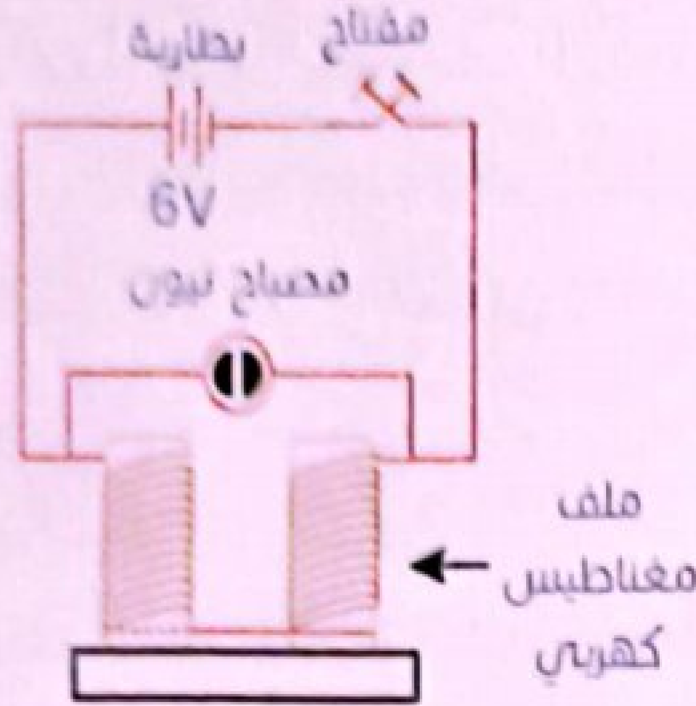
عكس طريقة اللف في الملف الثانوي

الحث الذاتي لملف

تجربة الحث الذاتي لملف

الخطوات والملاحظة:

1- وصل ملف مغناطيس كهربي قوي (عدد لفاته كبير) على التوالي مع بطارية 6V ومفتاح، ثم قم بتوصيل مصباح نيون (يعمل بجهد يصل إلى 180V) على التوازي بين طرفي الملف.



2- أغلق الدائرة ليمر تيار كهربي في الملف.

نلاحظ: عدم توهج مصباح النيون.

3- أفتح الدائرة.

نلاحظ: مرور شرر كهربي بين طرفي المفتاح، وتوهج (وميض) مصباح النيون لفترة قصيرة جدًا (لحظياً).

• **الاستنتاج:**

أ) عند غلق الدائرة ينمو التيار الأصلي في الملف؛ فيتولد في الملف مجال مغناطيسي قوي حيث تعمل كل لفة كمغناطيس قصير بحيث تقطع اللفات المجاورة خطوط الفيض المغناطيسي له فينشأ في الملف قوة دافعة كهربية مستحثة عكسية صغيرة وتيار مستحث عكسي صغير يؤخر لحظة وصول التيار للقيمة العظمى، ويكون فرق الجهد بين طرفي المصباح أقل من فرق الجهد اللازم لتشغيله.

ب) عند فتح الدائرة يضمحل التيار الأصلي؛ فيتلاشى المجال المغناطيسي في لفات الملف ويتغير المعدل الزمني الذي تقطع به كل لفة خطوط الفيض؛ فتنشأ عن الحث الذاتي بين طرفي الملف قوة دافعة كهربية مستحثة طردية كبيرة نسبيًا - أكبر بكثير من V_B - نظرًا لكبر عدد لفات الملف ($emf \propto N$) وكبر المعدل الزمني للتغير في شدة التيار ($emf \propto \Delta I/\Delta t$) تتسبب في توهج مصباح النيون الموصل على التوازي بين طرفي الملف، كما ينشأ تيار مستحث طردي في نفس اتجاه التيار الأصلي يمر على شكل شرر كهربي بين طرفي المفتاح.

هذا التيار المستحث يبقى لفترة محدودة بعد زوال التيار الأصلي، وعند انهياره في اللفات يولد بدوره تيار مستحث ذاتي آخر ولكن شدته أقل من التيار المستحث الأول وهكذا.

لاحظ!!

التيار العكسي يعوق التيار التيار الأصلي لفترة ثم بعد ذلك يصل التيار الأصلي إلى قيمته العظمى وذلك إذا كان التيار الأصلي تيارًا مستمرًا.

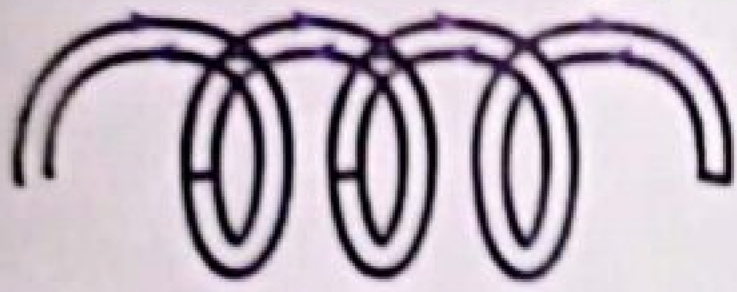
الحث الذاتى للملف

"هو التأثير الكهرومغناطيسي الحادث بين لفات نفس الموصل وبعضها نتيجة تغير شدة التيار الكهربي المار فيه -سواء بالزيادة أو بالنقصان- بحيث يعمل على مقاومة هذا التغير

عرف

ملاحظات!!

- تكون ق.د.ك المستحثة الطردية أكبر دائماً من ق.د.ك المستحثة العكسية؛ لأن زمن انهيار التيار أقل من زمن نمو التيار وبالتالي فإن معدل انهيار التيار أكبر دائماً من معدل نمو التيار
- لا تصل شدة التيار إلى القيمة العظمى لحظة غلق الدائرة كما لا ينعدم التيار لحظة فتح الدائرة لتولد ق.د.ك مستحثة عكسية لحظة غلق الدائرة تؤخر وصول التيار للقيمة العظمى وتولد ق.د.ك مستحثة طردية لحظة فتح الدائرة تؤخر انهيار التيار.
- تُلف أسلاك المقاومات القياسية لفاً مزدوجاً لتلافي تأثير الحث الذاتي في الأسلاك؛ حيث يلغي المجال الناتج عن مرور التيار في أي لفة المجال الناتج عن مرور التيار في اللفة المجاورة لها.



استنتاج قانون معامل الحث الذاتي لملف

عند تغير شدة التيار المار في ملف بمعدل $\Delta I/\Delta t$ يتولد في الملف بالحث الذاتي emf مستحثة تتناسب طرديًا مع المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي المار به تبعًا لقانون فارادي:

$$emf \; \alpha \; \frac{\Delta \phi m}{\Delta t}$$

ويتناسب معدل التغير في الفيض المغناطيسي تناسبًا طرديًا مع معدل التغير في شدة التيار المار في الملف:

$$\frac{\Delta \phi m}{\Delta t} \; \alpha \; \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\therefore emf \; \alpha \; \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow emf = const.\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\therefore emf = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

معامل الحث الذاتي لملف ويُقاس بـ الهنري (H)

معامل الحث الذاتي لملف L

يُقدر بمقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة في ملف عند تغير شدة التيار المار فيه بمعدل 1 أمبير لكل ثانية

عرف

الهنري H

معامل الحث الذاتي لملف إذا تغيرت شدة التيار الكهربي المار فيه بمعدل 1 أمبير كل ثانية يتولد بالحث بين طرفيه قوة دافعة كهربية مستحثة مقدارها 1 فولت

H (الهنري): $\frac{V.S}{A}$ ، $\Omega.s$ ، $\frac{Wb}{A}$

عرف

حساب قانون الحث الذاتي لملف وحساب معامل الحث الذاتي

- تتعين القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة ملف عدد لفاته N ويتغير الفيض المغناطيسي الذي يقطعه لفاته بمعدل $\Delta\phi m/\Delta t$ بتأثير تغير التيار المار في الملف I عندما يكون معامل الحث الذاتي للملف هو L من إحدى العلاقتين التاليتين:

$$emf = -N\frac{\Delta\phi m}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$emf = IR = \frac{\Delta Q}{\Delta t} R$$

عدد لفات الملف

معدل تغير الفيض المغناطيسي خلال لفات الملف (Wb/s)

معدل تغير شدة التيار في الملف (A/s)

القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة في الملف (V)

معامل الحث الذاتي للملف (H)

ولحساب معامل الحث الذاتي L:

$$L = \frac{emf}{\Delta I/\Delta t} = \frac{N\,\Delta\phi m}{\Delta I}$$

التغير في الفيض المغناطيسي في الملف (Wb)

التغير في شدة التيار في الملف (A)

إذا لم يذكر Δt نستخدم العلاقة الأتية (نظراً لتساوي Δt في كل من الطرفين).

وإذا كان الملف عبارة عن ملف لولبي له مساحة مقطع A وعدد لفات N وطول محور L ويمر به تيار كهربي I ؛ فيمكن استنتاج القانون الأتي لحساب معامل الحث الذاتي لملف لولبي بدلالة عناصر الملف:

$$L = \frac{N\,\Delta\phi m}{\Delta I} = \frac{N(\phi m - 0)}{(I - 0)} = \frac{N(BA)}{I} \quad , B = \frac{\mu NI}{L}$$

$$L = \frac{NA}{I} \cdot \frac{\mu NI}{L} = \frac{\mu N^2 A}{L}$$

$$L = \frac{\mu N^2 A}{L}$$

عدد لفات الملف

معامل النفاذية المغناطيسية (Wb/A.m)

مساحة وجه الملف (m^2)

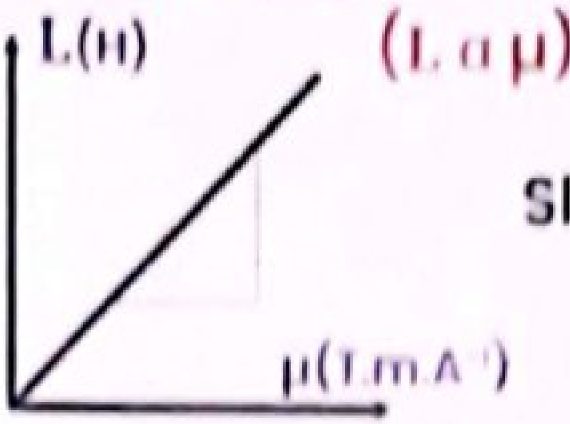
معامل الحث الذاتي للملف (H)

طول محور الملف (m)

العوامل التي يتوقف عليها معامل الحث الذاتي لملف

معامل النفاذية المغناطيسية للوسط.

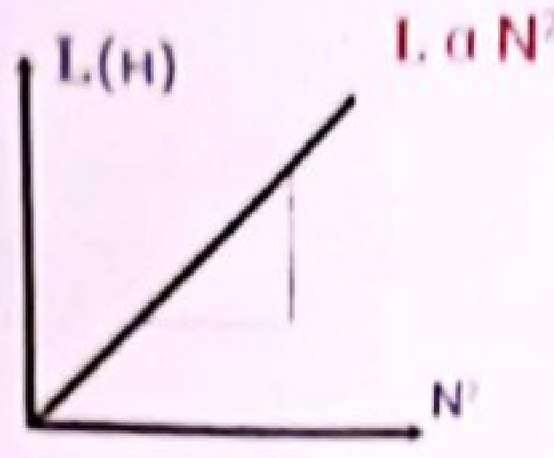
$(L \propto \mu)$



$$Slope = \frac{\Delta L}{\Delta \mu} = \frac{N^2A}{L}$$

مربع عدد اللفات.

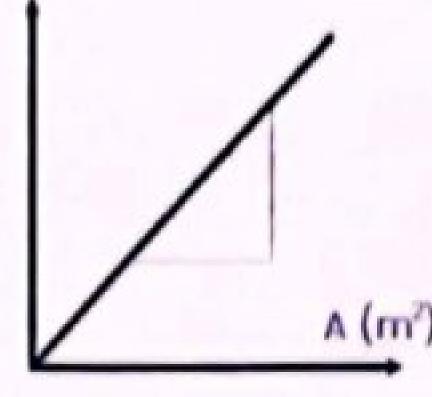
$L \propto N^2$



$$Slope = \frac{\Delta L}{\Delta N^2} = \frac{\mu A}{L}$$

مساحة مقطع الملف.

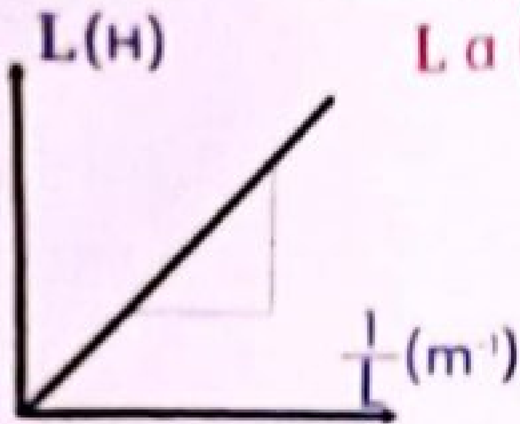
$L \propto A$



$$Slope = \frac{\Delta L}{\Delta A} = \frac{\mu N^2}{L}$$

طول محور الملف

$L \propto (1/L)$

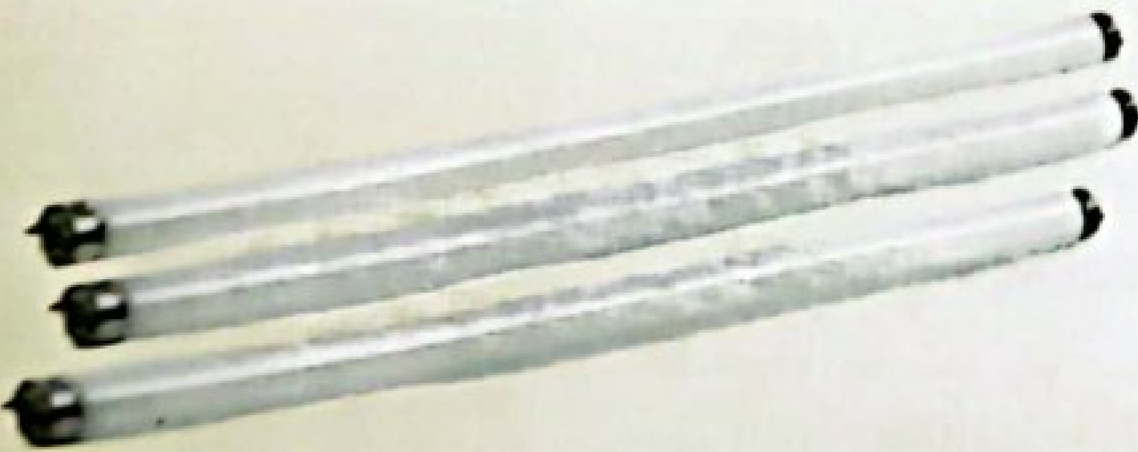


$$Slope = \frac{\Delta L}{\Delta \frac{1}{L}} = \mu N^2 A$$

ملاحظات!!

- نمو التيار في السلك المستقيم أسرع من نموه في ملف لحظة غلق الدائرة؛ لأن السلك المستقيم لا يتولد بين طرفيه ق.د.ك مستحثة لحظة نمو التيار حيث إن المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربي في السلك لا يقطع نفسه، أما في حالة الملف فإن نمو الفيض القاطع له يولد ق.د.ك مستحثة عكسية تعمل على إطالة زمن نمو التيار.
- نمو التيار في ملف له قلب هوائي أسرع من نمو التيار في ملف له قلب حديدي؛ وذلك لزيادة معامل النفاذية المغناطيسية μ وبالتالي يزداد معامل الحث الذاتي للملف مما يزيد من زمن نمو التيار Δt، فيقل معدل نمو التيار $\Delta I/\Delta t$.

مصباح الفلورسنت:-



فكرة العمل:

الحث الذاتي لملف.

الاستخدام:

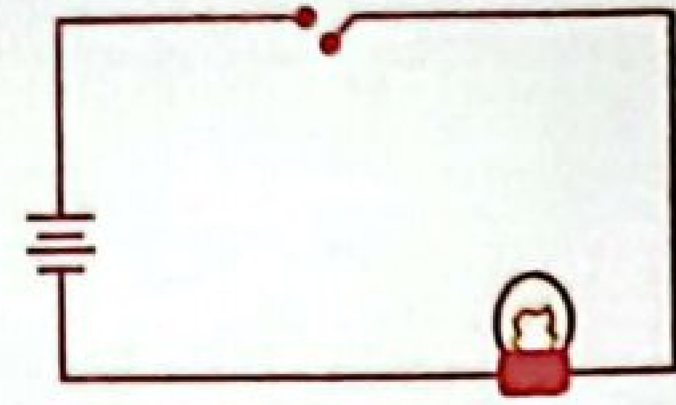
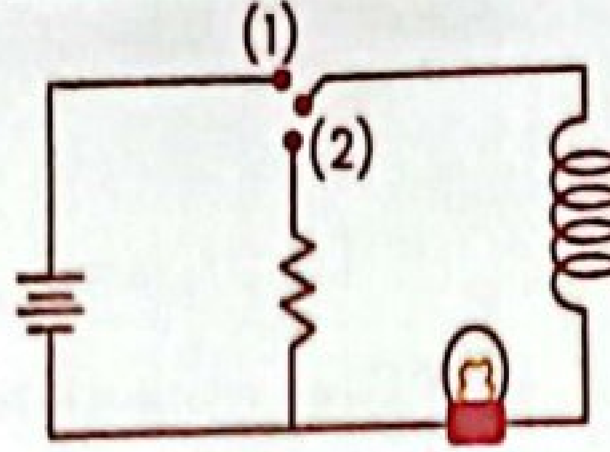
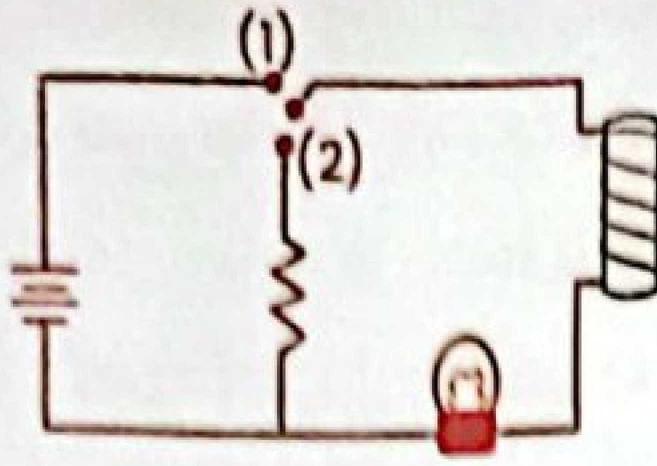
يستخدم في الإضاءة.

شرح فكرة العمل:

يتم تفريغ الطاقة المغناطيسية المختزنة في الملف في أنبوبة مفرغة من الهواء وبها غاز خامل تحت ضغط منخفض، مما يسبب تصادمات بين ذراته تؤدي إلى تأينها واصطدام الأيونات مع سطح الأنبوبة المطلي بمادة فلورسية مما يؤدي إلى انبعاث الضوء المرئي.

قارن

توصيل مصباح بسلك مستقيم، بملف ذو قلب هوائي وملف ذو قلب معدني

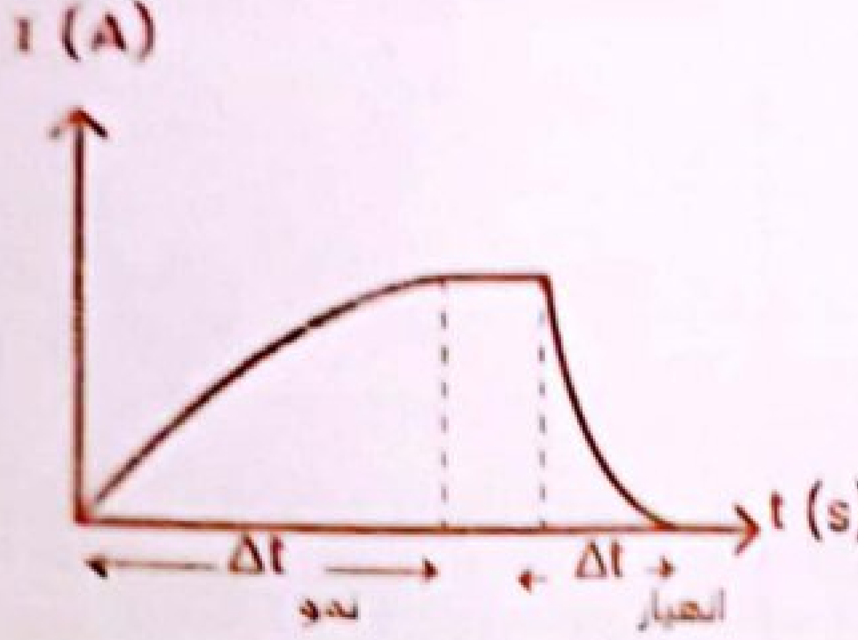
سلك مستقيم	ملف ذو قلب هوائي	ملف ذو قلب معدني
		
ينمو التيار في السلك المستقيم بسرعة لأن التيار لا يعاني إلا من المقاومة الأومية للمصباح فقط ولا يحث السلك نفسَه.	عند غلق المفتاح في الاتجاه (1) ينمو التيار في الملف الحلزوني ذي القلب الهوائي ببطء لأن التيار يعاني من المقاومة الأومية كما يعاني من ق.د.ك المستحثة العكسية.	عند غلق المفتاح في الاتجاه (1) ينمو التيار في الملف الحلزوني ذي القلب المعدني أبطأ من نموه في الملف ذي القلب الهوائي.
ينهار التيار في السلك المستقيم بسرعة لأن التيار لا يعاني إلا من المقاومة الأومية فقط ولا تتولد ق.د.ك مستحثة.	عند غلق المفتاح في الاتجاه (2) ينهار التيار في الملف الحلزوني ذي القلب الهوائي ببطء لأنه أثناء الانهيار تقطع اللفات خطوط الفيض ويتولد ق.د.ك مستحثة طردية، ونظرًا لتوفر مسار مغلق يتولد تيار طردي يظل لفترة بعد فصل التيار الأصلي.	- عند غلق المفتاح في الاتجاه (2) ينهار التيار في الملف الحلزوني ذي القلب المعدني أبطأ منه في الملف ذي القلب الهوائي. - عند وضع قلب حديدي داخل الملف يزداد معامل النفاذية μ فيزداد معامل الحث حيث: $L = \frac{\mu N^2 A}{l}$ وبالتالي يزداد زمن النمو حيث: $\Delta t = -L\frac{\Delta I}{emf}$ فيقل معدل النمو حيث: $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{emf}{-L}$

الاستنتاج

لا يعاني التيار أثناء مروره في السلك المستقيم إلا من المقاومة الأومية فقط. أما في الملف فعند نمو التيار في اللفات الأولى تتمغنط هذه اللفات وتؤثر على باقي اللفات وكأنها مغناطيس يقترب منها فيتولد في هذه اللفات تيار مستحث عكسي يعمل على زيادة زمن نمو التيار الأصلي، وذلك بالإضافة إلى المقاومة الأومية التي تعوق التيار الأصلي.

معامل الحث الذاتي لملف L

- في السلك المستقيم والملف عديم الحث ينمو التيار بمعدل كبير ومنتظم وذلك لأنه لا يعاني إلا من المقاومة الأومية فقط.



- في الملف ينمو التيار بمعدل أقل من السلك المستقيم ويكون معدل نموه متناقص (ينمو بسرعة في البداية ثم يتناقص معدل النمو).
- يكون معدل النمو أكبر ما يمكن لحظة الغلق، ويتناقص معدل النمو كلما اقتربنا من القيمة العظمى للتيار، وعندما يصل التيار للقيمة العظمى يكون معدل النمو صفرًا.

استنتاج قانون معدل نمو التيار

أثناء النمو:-

$$V_{\text{لحظية}} = V_B - emf_{\text{ذاتية عكسية}} = I_{\text{لحظية}} R$$

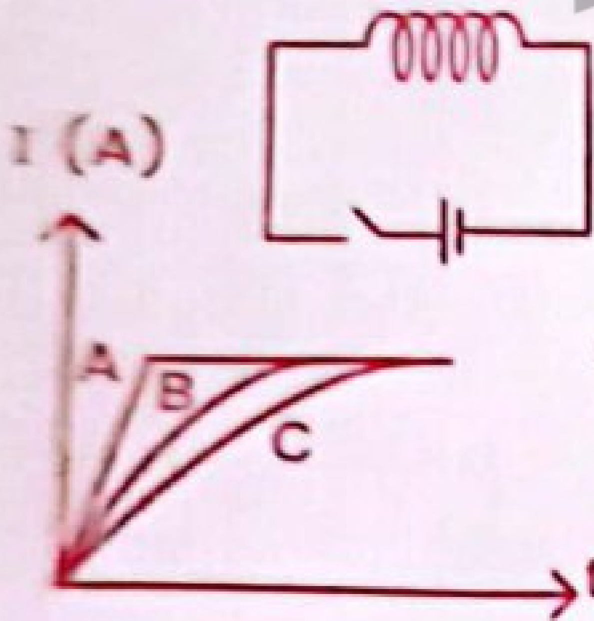
عند لحظة الغلق I=0 فيكون:

$$V_B = emf$$

$$\because I_{\text{لحظية}} R = V_B - L\frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow L\frac{\Delta I}{\Delta t} = V_B - I_{\text{لحظية}} R \quad \therefore \text{(معدل النمو)} \ \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{V_B - I_{\text{لحظية}} R}{L}$$

يختلف معدل النمو من ملف لآخر على حسب معامل الحث $L = \frac{\mu N^2 A}{l}$

فكلما زاد معامل الحث يقل معدل نمو التيار



الشكل البياني يوضح معدل نمو التيار في 3 ملفات موصلة ببطاريات متماثلة، من الرسم نستنتج أن :

- الملف A عديم الحث - الملف C معامل حثه أكبر من الملف B
- الملفات C , B , A متساوية في المقاومة R (فتكون القيمة العظمى للتيار متساوية)

عند غلق المفتاح يحدث صراع بين VB و emf الذاتية العكسية،

يستمر هذا الصراع حتى وصول التيار للقيمة العظمى وينتهي هذا الصراع بإنعدام emf الذاتية العكسية.

علل: إذا زاد تيار ملف للضعف فإن معامل حثه يظل ثابتًا.

لأنه من العلاقة $L = N\frac{\phi_m}{I}$ إذا تغير التيار بنسبة يتغير الفيض بنفس النسبة فيظل معامل الحث L ثابتًا.
أو لأن معامل الحث الذاتي يتعين من العلاقة $L = \frac{\mu N^2 A}{l}$ أي أنه لا يتأثر بالتيار.

حساب قانون معدل تغير التيار

يتعين معدل تغير التيار $\Delta I/\Delta t$ خلال دائرة كهربية تحتوي على بطارية VB وملف معامل الحث الذاتي له L مقاومة الدائرة R أثناء نمو التيار في الدائرة (بعد غلق المفتاح) من العلاقات التالية

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{V_B - I_{لحظي} R}{L}$$

- V_B: القوة الدافعة الكهربية للبطارية (V)
- $I_{لحظي}$: شدة التيار اللحظي في الدائرة (A)
- R: مقاومة الدائرة (Ω)
- $\frac{\Delta I}{\Delta t}$: معدل تغير التيار في الدائرة (A/s)
- L: معامل الحث الذاتي للملف (H)

- عند غلق المفتاح:

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{V_B}{L}$$

$emf = V_B\ ,\ I_{لحظي} = 0$

- بعد غلق المفتاح:

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{V_B - I_{لحظي} R}{L}$$

$emf < V_B\ ,\ I_{لحظي} < I_{كلي}$

- عند ثبات التيار عند القيمة العظمى:

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$$

$emf = 0\ ,\ I_{لحظي} = I_{كلي}$

مثـــال

ملف حثه الذاتي 0.1 H ومقاومته 20Ω وصل ببطارية 60V. أوجد :

1- emf المستحثة لحظة الغلق. 2- معدل النمو لحظة الغلق.

3- معدل النمو عندما تصل شدة التيار 80%.

4- معدل النمو عندما يصل إلى قيمته العظمى.

1- $emf = V_B = 60V$

2- $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{V_B}{L} = \frac{60}{0.1} = 600\ A/s$

3- $I_{لحظي} = 0.8 \times I_{max} = 0.8 \times (\frac{V_B}{R}) = 0.8 \times (\frac{60}{20}) = 2.4\ A$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{V_B - I_{لحظي} R}{L} = \frac{60 - 2.4 \times 20}{0.1} = 120\ A/s$$

4- $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$

المحاضرة الثالثة

مولد التيار الكهربي المتردد (المولد الحثي / الدينامو)

مقدمة

عند تحريك سلك مستقيم في مجال مغناطيسي بحيث يكون اتجاه السرعة عمودي على اتجاه المجال فإنه يقطع خطوط الفيض المغناطيسي مما يؤثر على الإلكترونات الحرة في السلك المتحرك فتندفع من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر وينشأ فرق في الجهد بين طرفي السلك وبذلك تتولد emf مستحثة بين طرفيه، وإذا كان السلك في دائرة كهربية مغلقة يمر تيار كهربي مستحث بالدائرة.

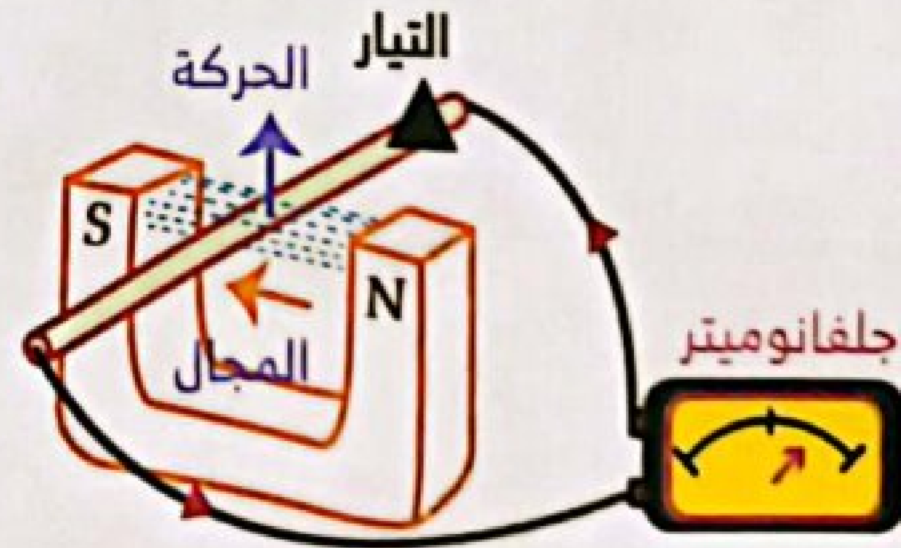
قاعدة اليد اليمنى لفلمنج

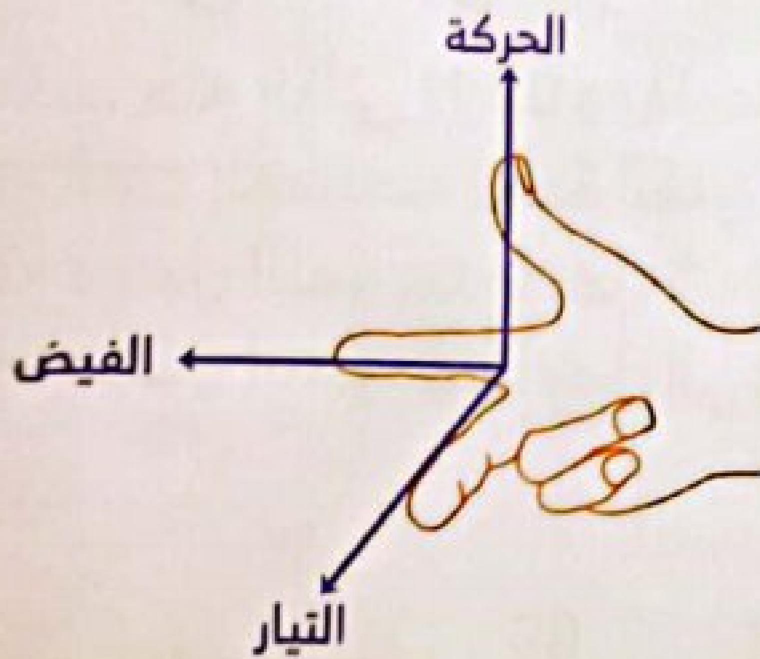
الاستخدام:

تحديد اتجاه التيار الكهربي المستحث في سلك مستقيم يتحرك عموديًا على فيض مغناطيسي.

نص القاعدة (طريقة الاستخدام):

اجعل أصابع اليد اليُمنى متعامدة بحيث يشير الإبهام لاتجاه حركة السلك، والسبابة يشير لاتجاه الفيض المغناطيسي وعندئذٍ تشير باقي الأصابع لاتجاه التيار الكهربي المستحث.





لاحظ!!

يتوقف اتجاه التيار المستحث المتولد في سلك مستقيم ضمن دائرة مغلقة على:

1- اتجاه حركة السلك.
2- اتجاه الفيض المغناطيسي.

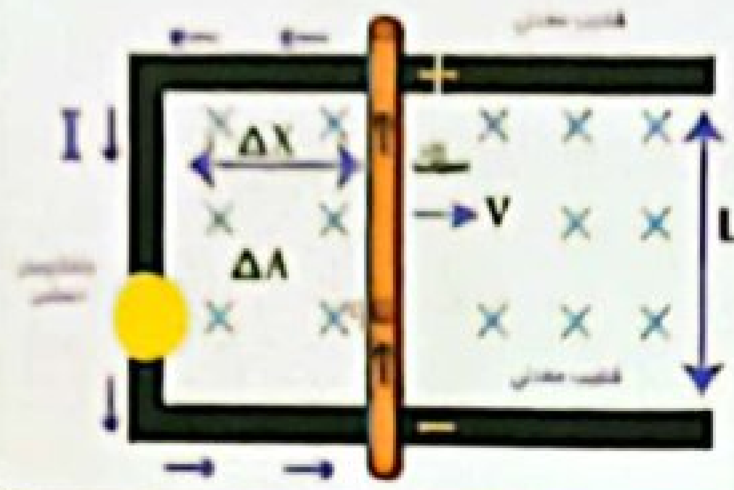
استنتاج emf المستحثة في سلك مستقيم يمر به تيار كهربي وموضوع في مجال مغناطيسي منتظم:-

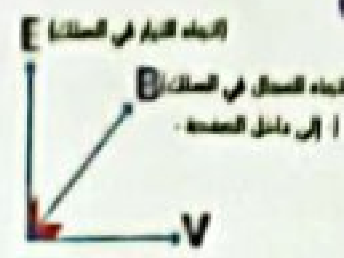
- عند تحريك سلك مستقيم طوله L بسرعة v في اتجاه عمودي على فيض مغناطيسي منتظم كثافته B (اتجاهه عمودي على الصفحة للداخل كما بالشكل)، فإذا كانت الإزاحة الحادثة Δx خلال زمن قدره Δt:

$$\therefore emf = -N\frac{\Delta \phi m}{\Delta t} = \frac{-B\,\Delta A}{\Delta t} = \frac{-BL\,\Delta x}{\Delta t} \quad , \quad \frac{\Delta x}{\Delta t} = v$$

$$\therefore emf = -BLv$$

الإشارة السالبة تبعاً لقاعدة لنز





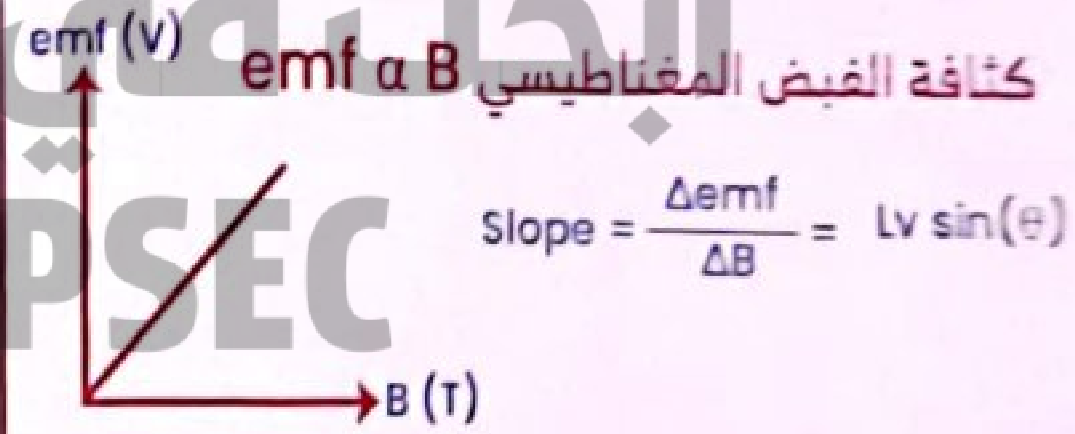
- وإذا كان اتجاه السرعة يصنع زاوية θ مع الفيض المغناطيسي فإن مقدار emf يكون:

$$\therefore emf = BLv\sin(\theta)$$

العوامل التي يتوقف عليها مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة في سلك مستقيم يقطع فيض مغناطيسي

كثافة الفيض المغناطيسي $emf \propto B$

$Slope = \frac{\Delta emf}{\Delta B} = Lv\sin(\theta)$



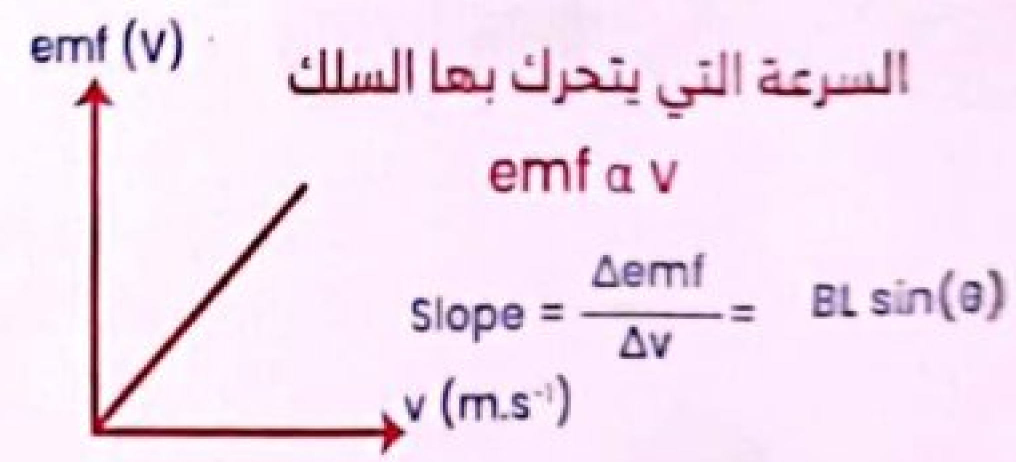
طول الجزء من السلك الذي يقطع المجال $emf \propto L$

$Slope = \frac{\Delta emf}{\Delta L} = Bv\sin(\theta)$

السرعة التي يتحرك بها السلك

$emf \propto v$

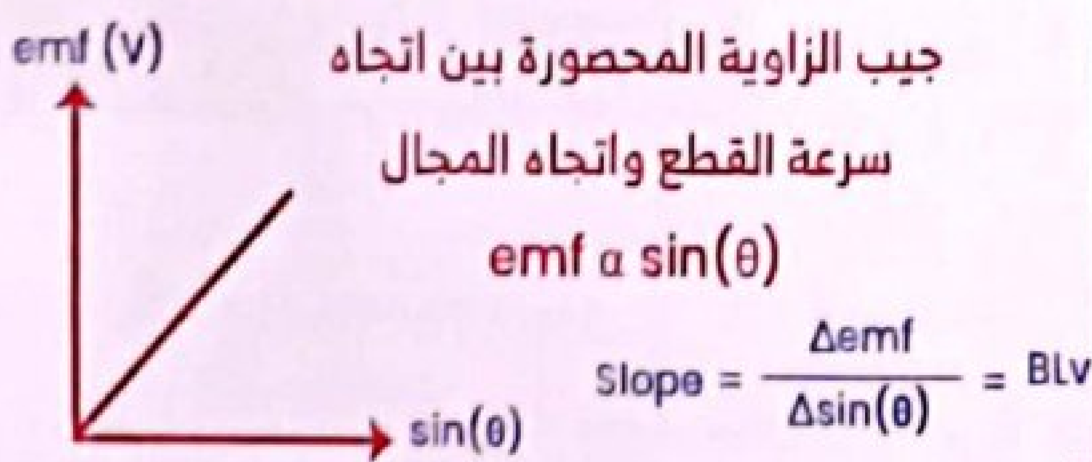
$Slope = \frac{\Delta emf}{\Delta v} = BL\sin(\theta)$



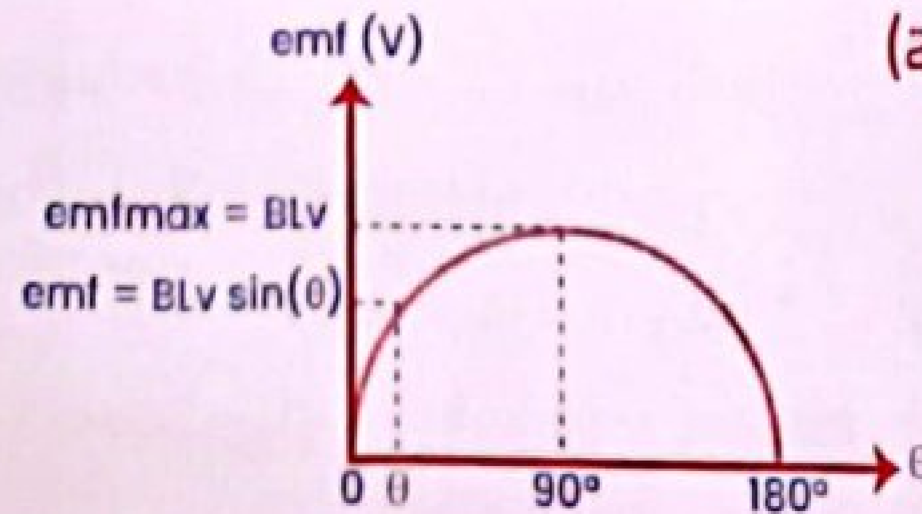
جيب الزاوية المحصورة بين اتجاه سرعة القطع واتجاه المجال

$emf \propto \sin(\theta)$

$Slope = \frac{\Delta emf}{\Delta \sin(\theta)} = BLv$

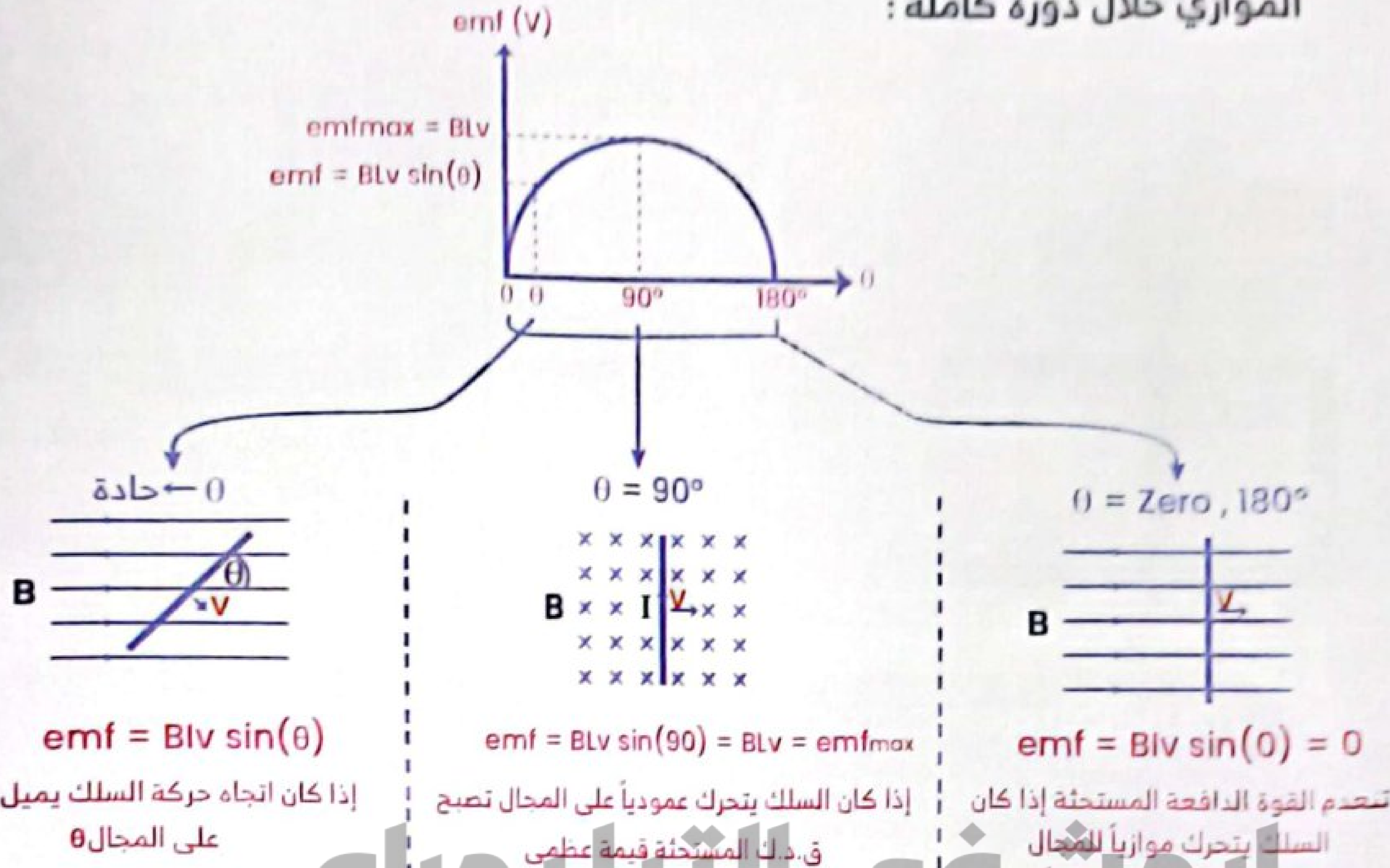


أو الزاوية المحصورة بين اتجاه سرعة القطع واتجاه الفيض المغناطيسي بدءاً من الوضع الموازي خلال نصف دورة (علاقة جيبية)



ملاحظات!!

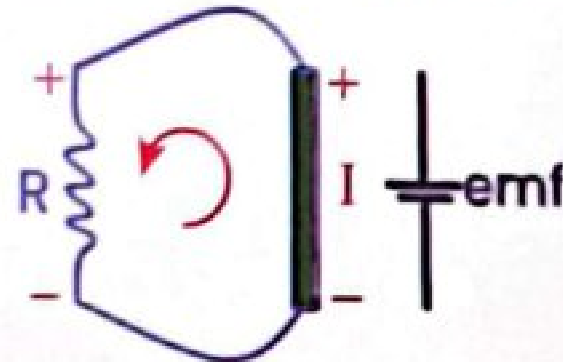
- علاقة القوة الدافعة المستحثة المتولدة في سلك مستقيم يقطع فيض مغناطيسي منتظم مع الزاوية المحصورة بين اتجاه سرعة القطع واتجاه الفيض المغناطيسي بدءاً من الوضع الموازي خلال دورة كاملة :



هام!!

- عند تولد ق.د.ك مستحثة في سلك مستقيم في دائرة مغلقة يعمل السلك كمصدر للتيار حيث يمر التيار في السلك من السالب (الجهد الأقل) إلى الموجب (الجهد الأعلى)، و في الدائرة الخارجية من الموجب (الجهد الأعلى) إلى السالب (الجهد الأقل).

يمر التيار المستحث في السلك من الجهد الأقل (-) إلى الجهد الأعلى (+)



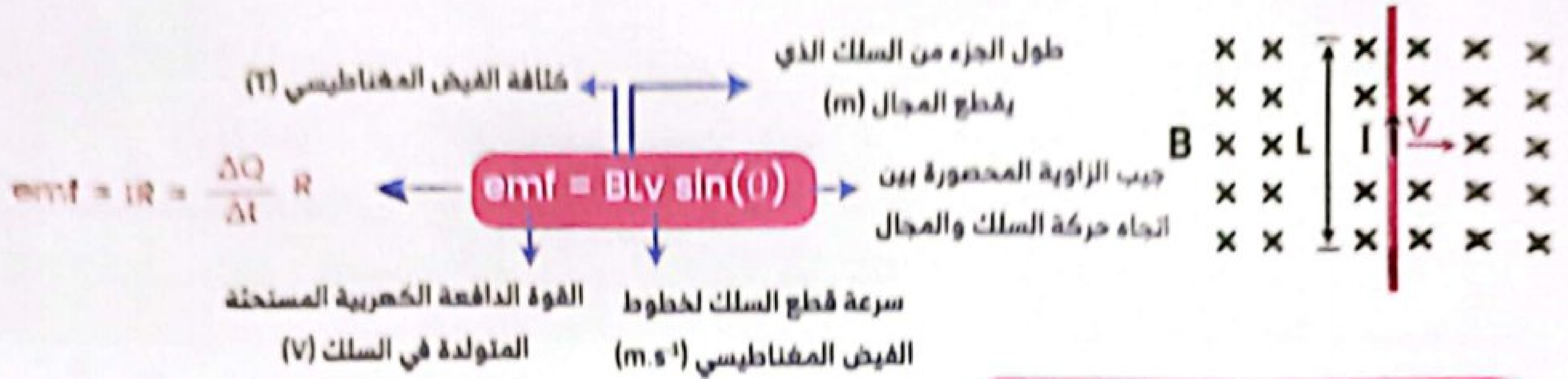
يمر التيار المستحث في المقاومة من الجهد الأعلى (+) إلى الجهد الأقل (-)

عند حركة سلك عمودياً على فيض مغناطيسي كما بالشكل:

- تتولد بين طرفيه ق.د.ك مستحثة فيمر تيار كهربي مستحث يمكن تحديد اتجاهه من خلال قاعدة فلمنج لليد اليمنى.
- التيار المستحث المتولد في السلك يولد قوة مغناطيسية (FB=BIL) يمكن تحديد اتجاهها من خلال قاعدة فلمنج لليد اليسرى وتكون دائماً عكس اتجاه السرعة طبقاً لقاعدة لنز.
- لتحريك السلك في المجال بسرعة منتظمة، فإننا نحتاج لقوة مساوية للقوة المغناطيسية التي تتولد عليه في عكس اتجاه التحريك: $F = F_B = BIL$

حساب القوة الدافعة المستحثة المتولدة في سلك مستقيم يقطع فيض مغناطيسي منتظم

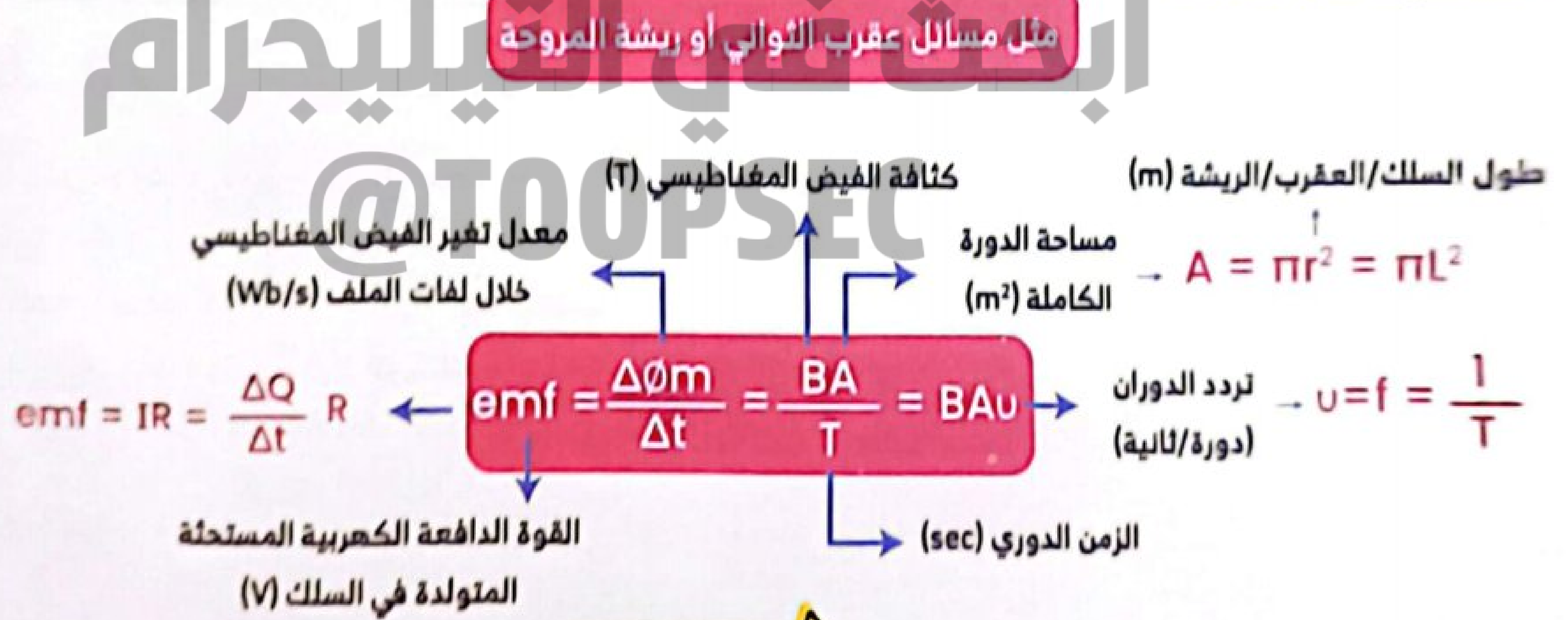
- تتعين القوة الدافعة المستحثة المتولدة في سلك مستقيم يتحرك في بسرعة خطية ثابتة v ويقطع مجال منتظم B بحيث يميل اتجاه الحركة على الاتجاه المجال بزاوية θ من العلاقه



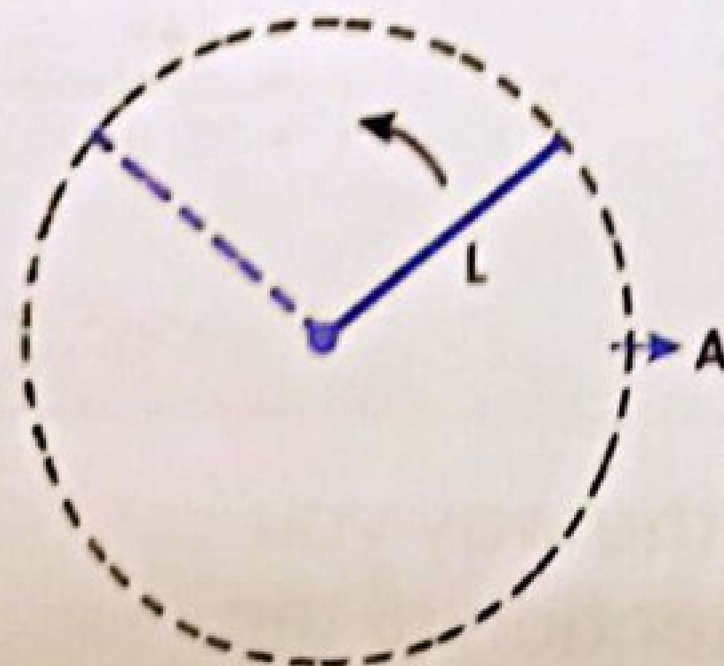
تذكر: الزاوية θ في قانون هي الزاوية المحصورة بين اتجاه حركة السلك والمجال

- وتتعين القوة الدافعة المستحثة المتولدة في سلك مستقيم مثبت من أحد طرفيه ويدور من طرفه الآخر بسرعة دورانية ω (أو بتردد f/ υ) ثابتة ويقطع مجال مغناطيسي منتظم B من العلاقة:

مثل مسائل عقرب الثواني أو ريشة المروحة



لاحظ أن
$N = 1$



لاحظ أن السلك عندما أتم دورة كاملة كان ذلك بمثابة دائرة مساحتها A وذلك خلال زمن دوري T

أكمل

(أ)
- لكي تتحرك الساق لأعلى:
>> يجب تمرير تيار من أ إلى ب

(ب)
- إذا حركنا الساق لأعلى:
>> فإن التيار سوف ينتج فيها من ب إلى أ

الفرق بين الحالة أ والحالة ب السابقتين:
في أ>> مر تيار أولا ونتج عن ذلك حركة السلك أي تولدت قوة مغناطيسية :
هنا نستخدم قاعدة فلمنج لليد اليسرى.
ب>> تحركت الساق أولا ونتج عن ذلك تيار مستحث فيه لذلك سنستخدم فلمنج لليد اليمنى.

مثال

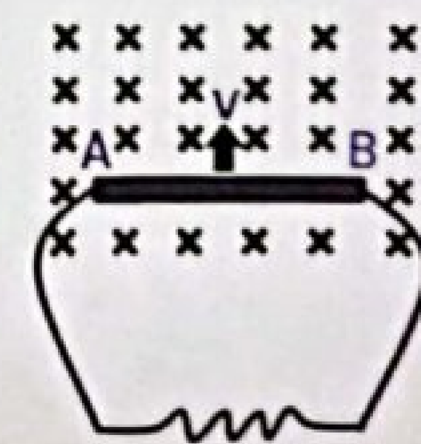
ساق من النحاس طولها 30cm تتحرك عمودياً على مجال مغناطيسي كثافة فيضه 0.8T بسرعة 0.5m/s .احسب القوة الدافعة المستحثة المتولدة في هذه الساق.

$$emf = BLv \sin(\theta) = 0.8\times0.3\times0.5\times\sin(90) = 0.12\ V$$

مثال

الشكل المقابل يبين ساق معدنية ab طولها 0.25m تتحرك بسرعة خطية مقدارها 2m/s عموديًا على مجال مغناطيسي كثافة فيضه 0.4T واتجاهه عمودي على مستوى الورقة للداخل، فإذا كانت الساق جزءاً من دائرة مغلقة:
أ- حدد اتجاه التيار المار في الساق وفي الدائرة الخارجية.
ب- أوجد مقدار القوة الدافعة الكهربية emf المستحثة المتولدة في الساق.

اتجاه التيار المستحث يكون من B إلى A في الساق (تبعاً لقاعدة فلمنج لليد اليمنى) ومن A إلى B في الدائرة الخارجية.



$$emf = BLv \sin(\theta) = 0.4\times0.25\times2 = 0.2V$$

« Unchain the power inside, find the way you are REMARKABLE with and give attention to the SOURCES-OF-HAPPINESS who always surround you whenever you are. »

مثال

ساعة حائط معلقة على حائط من الشرق إلى الغرب طول عقرب الثواني فيها 14cm احسب فرق الجهد الذي يتولد بين طرفي العقرب إذا كانت المركبة الأفقية لمجال الأرض 0.042T.

- الحل الأول: T = 60 sec

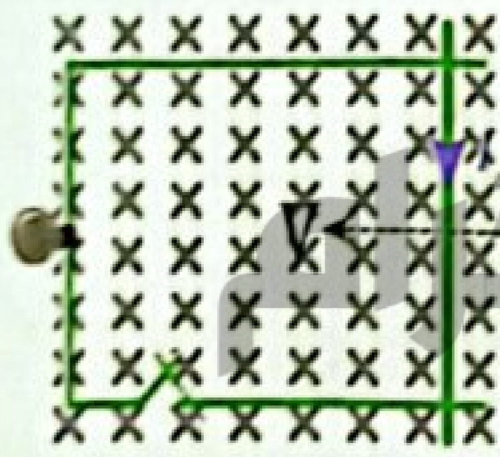
$$emf = N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = \frac{1\times(\pi r^2)\times B}{T} = \frac{1\times(\pi\times0.14^2)\times0.042}{60} = 4.3\times10^{-5}\ V$$

- الحل الثاني: T = 60 sec

$$emf = \frac{BA}{T} = \frac{0.042\times(\pi\times0.14^2)}{60} = 4.3\times10^{-5}\ V$$

القوة اللازمة لتحريك ساق بسرعة منتظمة

>> تنشأ قوة مغناطيسية تؤثر على السلك نحدد اتجاهها بقاعدة فلمنج لليد اليسرى ويكون اتجاهها عكس القوة اللازمة للتحريك.



$$I_{مستحث} = \frac{emf}{R_{دائرة}} = \frac{BlV\sin\theta}{R_{دائرة}}$$

>> القوة اللازمة لتحريك الساق بسرعة منتظمة:

$$F_{اللازمة للتحريك} = F_B + F$$

F: احتكاك + مقاومة هواء إن وجدت ← في أغلب الأحيان تكون مهملة

$$F = BI_{مستحث}l = B\frac{emf_{مستحثة}}{R}l = B\frac{BlV}{R}l = \frac{B^2l^2V}{R}$$

l: الجزء من الساق المعرض للمجال

لا يُدرِكُ المجدَ إلَّا سَيِّدٌ فَطِنٌ *** لِمَا يَشُقُّ على السَّادَاتِ فَعَّالُ
لا وارثٌ جَهِلَت يُمْنَاه ما وَهَبَت *** ولا كَسُوبٌ بغير السَّيفِ سَئَّالُ

- المتنبي

مولد التيار الكهربي المتردد (المولد الحثي / الدينامو)

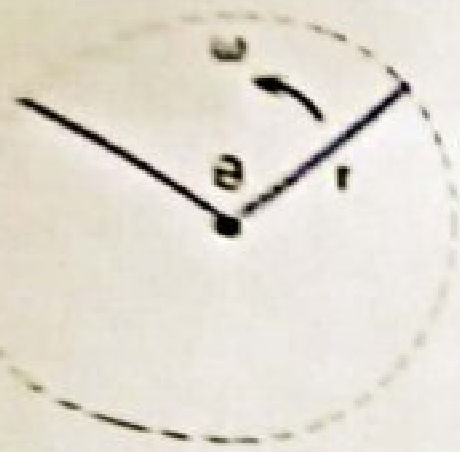
مولد التيار الكهربي المتردد (الدينامو)

هو جهاز يقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربية، عندما يدور ملفه في مجال مغناطيسي. عرف

استنتاج السرعة الزاوية ω

- عندما يدور جسم حول نقطة مركزية مثل ريش المروحة مثلا فإننا نعبر عن سرعته بما يسمى السرعة الزاوية (ω):

"هي الزاوية التي يصنعها نصف قطر المسار الدائري في الثانية الواحدة"



$$\omega = \frac{360°}{T} \cdot \frac{\pi}{180°} \qquad \omega = \frac{\theta}{t} \cdot \frac{\pi}{180°} \left(\frac{Rad}{sec}\right)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \; (Rad/sec)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi v}{2\pi r}$$

$$\omega = \frac{v}{r} \; (Rad/sec)$$

OR

$$\omega = \frac{\theta}{t} \left(\frac{Deg}{sec}\right)$$

$$\omega = \frac{360}{T} = 360\, f \; (Deg/sec)$$

$$\theta = \omega t = 360\, f t \; (Deg)$$

مولد التيار الكهربي المتردد (الدينامو)

الاستخدام:

- تحويل الطاقة الميكانيكية (الحركية) إلى طاقة كهربية.

فكرة العمل:

- يعتمد على الحث الكهرومغناطيسي، حيث يعتمد على تولد ق.د.ك مستحثة وتيار مستحث في ملف يدور حول محور موازي لطوله في مجال مغناطيسي منتظم.

التركيب:

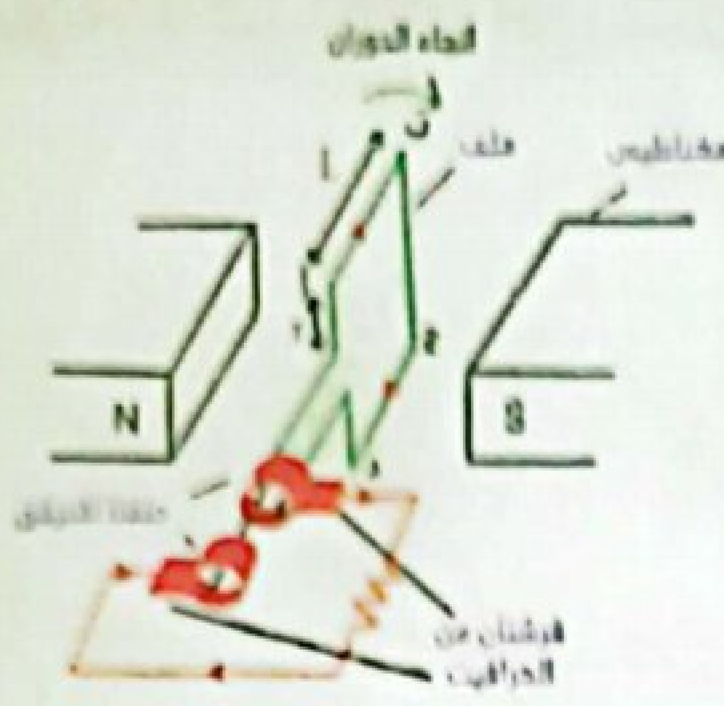
(أ) مغناطيس قوي (مغناطيس ثابت - يكون المغناطيس دائم أو مغناطيس كهربي).

(ب) ملف يتكون من لفة واحدة أو عدة لفات موضوع بين قطبي المغناطيس ويدور حول محور موازي لطوله في المجال المنتظم (والمحور عمودي على المجال).

(ج) حلقتا انزلاق معدنيتان تتصل بهما نهايتا الملف وتدوران مع الملف حول نفس المحور.

(د) فرشتان من الجرافيت تلامس كل منهما إحدى الحلقتين المنزلقتين أثناء دورانهما لنقل التيار إلى الدائرة الخارجية وتعملان كقطبين فيها.

استنتاج القوة الدافعة الكهربية المستحثة اللحظية المتولدة في ملف الدينامو



- عند دوران الملف بسرعة خطية v يقطع الضلعان "أ ب" ، "جـ د" فيض مغناطيسي كثافته B فإذا كانت الزاوية بين اتجاه السرعة الخطية وخطوط الفيض هي θ فإن emf المستحثة المتولدة في كل من الضلعين هي:

$$emf = BLv\sin(\theta)$$

L ← طول الضلع "أ ب" أو "جـ د"

- بينما الضلعان "ب جـ" ، "أ د" لا تتولد فيهما emf مستحثة لأن اتجاه سرعة السلكين دائمًا موازي لاتجاه المجال المغناطيسي. وبالتالي تصبح emf في اللفة الواحدة:

$$emf = 2BLv\sin(\theta) \quad , \because v = \omega r$$

حيث ω: السرعة الزاوية وتساوي $2\pi f$

f: التردد ، r: نصف قطر الدائرة التي يدور فيها الملف حول محوره (نصف عرض الملف)

$$\therefore emf = 2BL\omega r\sin(\theta) = BL\times 2r\omega\sin(\theta) \quad , \quad A_{\text{مساحة وجه الملف}} = L\times 2r$$

$$\therefore emf = BA\omega\sin(\theta)$$

- ولعدد N من اللفات، تكون emf اللحظية:

$$emf = NBA\omega\sin(\theta) = NBA.2\pi f\,Sin(360f.t)$$

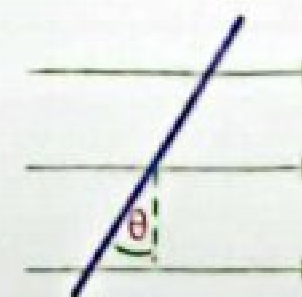
$NBA\omega$ ← emf_{max} ، 2π ← Rad - π بالتقدير الدائري ، 360 ← $\pi = 180^\circ$ بالتقدير الستيني - Deg

⚠ θ هي نفسها زاوية دوران الملف مبتدءاً من وضع الصفر

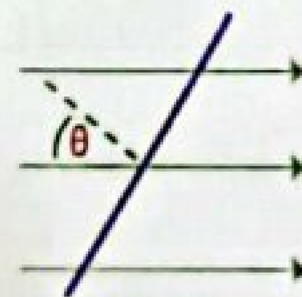
- كما يمكن تعيين emf بدلالة emf_{max}:

$$emf = emf_{max}\sin(\theta) = emf_{max}\,Sin(360f.t) \rightarrow I = I_{max}\sin(\theta) = I_{max}\,Sin(360f.t)$$

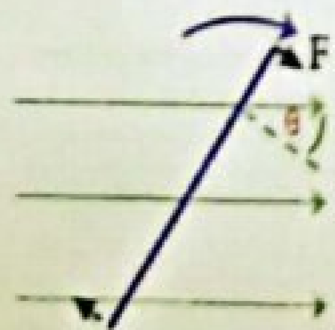
حيث θ هي: - الزاوية بين العمودي على المجال والملف.



- أو الزاوية بين العمودي على الملف والمجال.



- أو الزاوية بين اتجاه حركة الملف والمجال.



الزمن الدوري T

الزمن الذي يستغرقه التيار المتردد في عمل ذبذبة كاملة

عرف

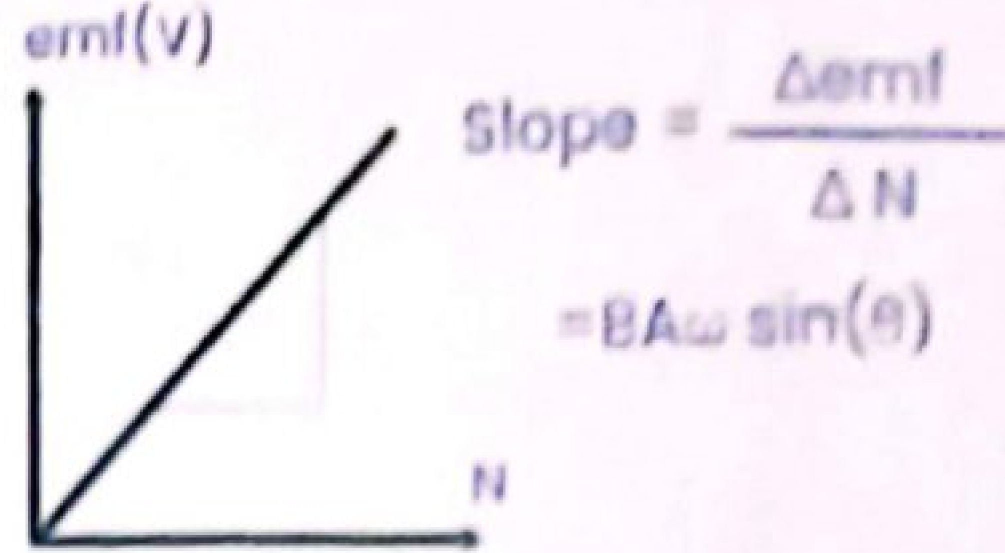
التردد f

عدد الذبذبات (الدورات) الكاملة التي يصعنها التيار المتردد في الثانية

عرف

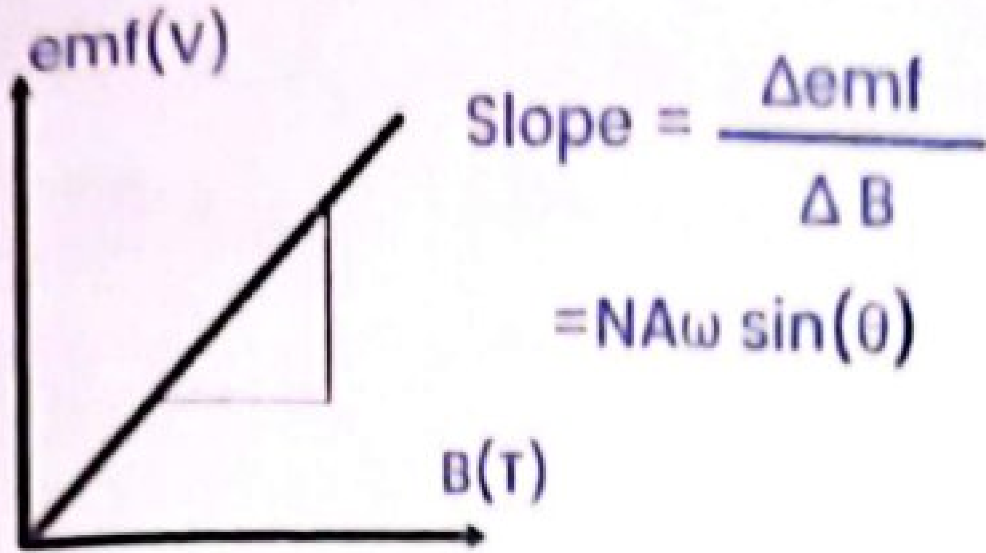
العوامل التي يتوقف عليها مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة اللحظية المتولدة في ملف الدينامو

عدد لفات الملف $emf \propto N$



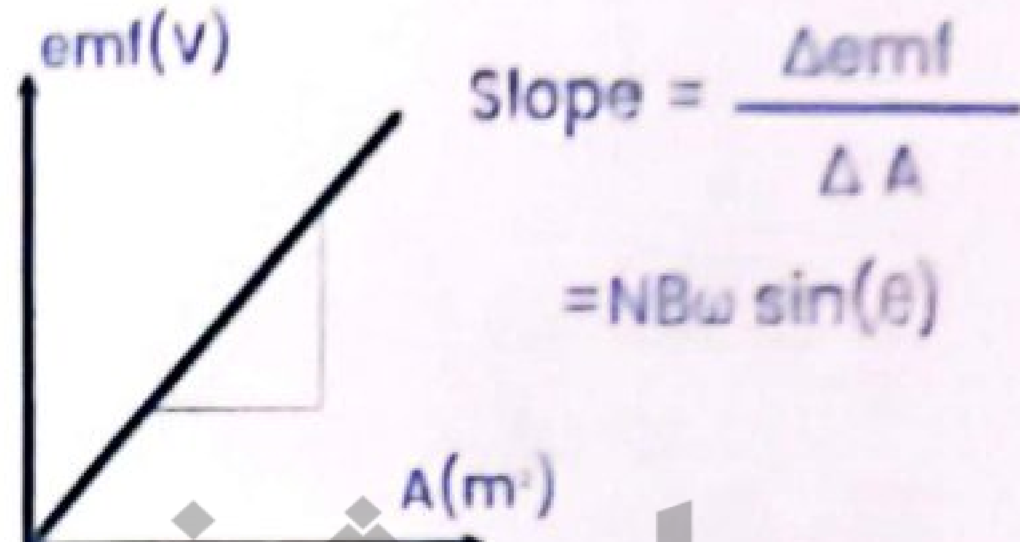
$$Slope = \frac{\Delta emf}{\Delta N} = BA\omega \sin(\theta)$$

كثافة الفيض المغناطيسي $emf \propto B$



$$Slope = \frac{\Delta emf}{\Delta B} = NA\omega \sin(\theta)$$

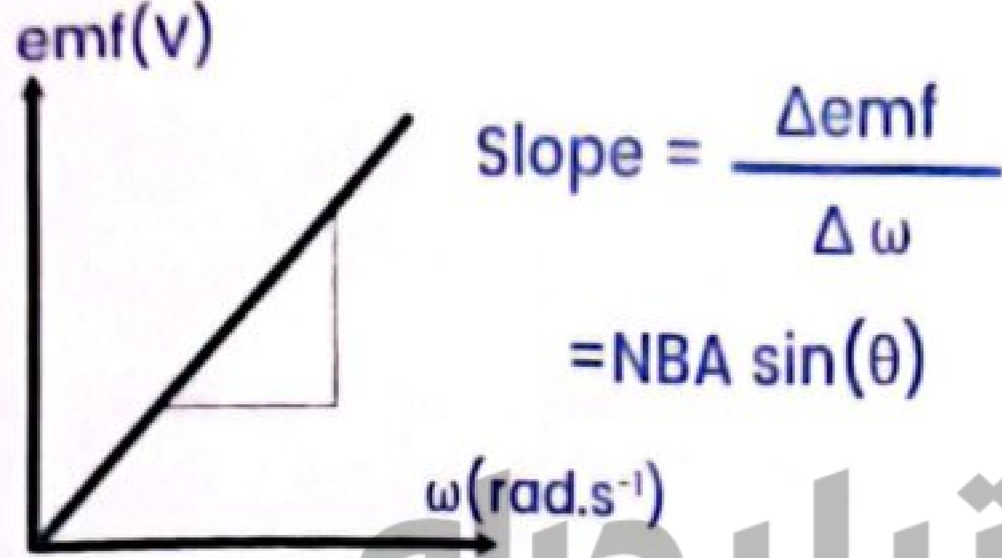
مساحة وجه الملف $emf \propto A$



$$Slope = \frac{\Delta emf}{\Delta A} = NB\omega \sin(\theta)$$

السرعة الزاوية التي يتحرك بها الملف

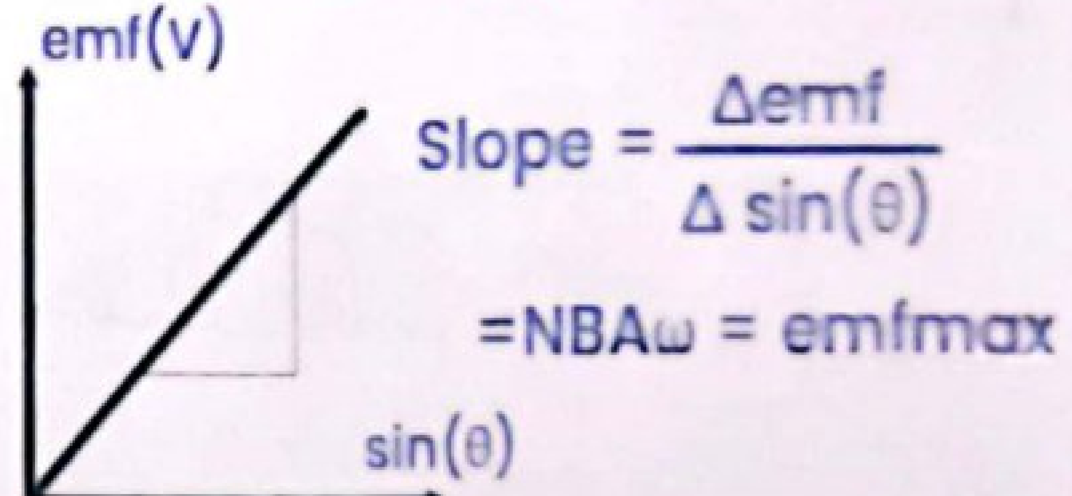
$emf \propto \omega$



$$Slope = \frac{\Delta emf}{\Delta \omega} = NBA \sin(\theta)$$

جيب الزاوية المحصورة بين اتجاه حركة الملف واتجاه الفيض المغناطيسي

$emf \propto \sin(\theta)$



$$Slope = \frac{\Delta emf}{\Delta \sin(\theta)} = NBA\omega = emf_{max}$$

أو الزاوية المحصورة بين اتجاه حركة الملف واتجاه الفيض المغناطيسي بدءاً من الوضع العمودي خلال دورة كاملة.

" علاقة جيبية "

⚠ إذا كان مستوى الملف عموديًا على خطوط الفيض فإن العمودي على الملف يكون موازيًا للمجال $(\theta=0)$:

$emf = NBA\omega \sin(0) = 0$

أي تنعدم القوة الدافعة الكهربية

⚠ إذا كان مستوى الملف موازيًا لخطوط الفيض فإن العمودي على الملف يكون عموديًا للمجال $(\theta=90)$:

$emf = NBA\omega \sin(90) = NBA\omega$

أي تصبح ق.د.ك قيمة عظمى

لاحظ!!

متوسط ق.د.ك خلال دورة كاملة = صفر؛ حيث أن متوسط ق.د.ك الكهربية في النصف الأول للدورة يساوي متوسط ق.د.ك الكهربية في النصف الثاني من الدورة ويضاده في الاتجاه فتكون محصلتهما=صفر

القيمة الفعالة للتيار المتردد

القيمة الفعالة للتيار المتردد

قيمة التيار المستمر الذي يولد نفس الطاقة الحرارية التي يولدها التيار المتردد في نفس المقاومة وخلال نفس الزمن

عرف

القيمة الفعالة ل ق.د.ك للتيار المتردد

فرق الجهد المستمر بين طرفي مقاومة والذي يولد نفس الطاقة الحرارية التي يولدها فرق الجهد المتردد بين طرفي نفس المقاومة خلال نفس الزمن

عرف

استنتاج القيمة الفعالة للتيار المتردد:-

التيار المتردد هو تيار متغير الشدة والاتجاه حيث تزداد شدته من الصفر إلى القيمة العظمى ثم تقل إلى الصفر ، ثم يعكس اتجاهه ويزداد إلى القيمة العظمى ثم يقل للصفر تبعًا لمنحنى جيبي خلال دورة كاملة

- القدرة المستنفذة في مقاومة: $P_w = V_{eff}\ I_{eff} = I_{eff}^2 R = \frac{V_{eff}^2}{R}$
- الطاقة الكهربية - أو الحرارية - الناتجة: $Q_{th} = W = V_{eff}\ I_{eff}\ t = I_{eff}^2 R\ t = \frac{V_{eff}^2}{R} t$

$$emf_{eff} = \frac{emf_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707\ emf_{max}$$

$$emf_{eff} = emf_{max} \sin 45$$

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707\ I_{max}$$

لاحظ!!

القيمة المتوسطة لتيار متردد تساوي الصفر إذا كان مقداره يتغير من I_{max} إلى $-I_{max}$ ، مع ذلك تستنفذ الطاقة الكهربية كطاقة حرارية نتيجة حركة الشحنات الكهربية، ويتناسب معدل الطاقة الكهربية المستنفذة طرديًا مع مربع شدة التيار.

أيها الناس احتسبوا أعمالكم؛ فإن من احتسب عمله
كُتب له أجر عمله وأجر حسبته
- عمر بن الخطاب

شرح عمل المولد خلال دورة كاملة

1- عندما يبدأ الملف الدوران بين قطبي المغناطيس من الوضع الذي يكون مستواه عموديًا على خطوط الفيض "وضع الصفر"، ينعدم كل من emf المستحثة والتيار المستحث ($\theta=0$).

2- عندما يدور الملف عن هذا الوضع "وضع الصفر" بزاويه 30° تصل قيمة emf المستحثة إلى $0.5\ emf_{max}$ لأول مرة ويكون قد مر $\frac{1}{12}T$.

3- وعندما يصنع الملف مع الوضع العمودي 45° تصل قيمة emf إلى +eff ويكون قد مر عندئذٍ $\frac{1}{8}T$.

4- وعندما يصنع الملف مع الوضع العمودي 90° تصل قيمة emf إلى +max لأول مرة ويكون قد مر $\frac{1}{4}T$ ويكون الملف موازيًا للفيض المغناطيسي ويكون التيار المستحث قيمة عظمى.

5- ويستمر دوران الملف ليصنع مع الوضع العمودي زاوية قدرها 135° وتصل emf إلى +eff للمرة الثانية بعد زمن قدره $\frac{3}{8}T$

6- وعندما يصنع الملف مع الوضع العمودي زاوية قدرها 150° تصل قيمة emf إلى 0.5 max للمرة الثانية بعد زمن قدره $\frac{5}{12}T$

7- وعندما يتحرك الملف ليصنع مع الوضع الصفري الأول زاوية 180° تصل قيمة emf إلى الصفر ويكون قد مر $\frac{1}{2}T$.

8- وعندما يصنع الملف مع الوضع العمودي 210° تصل قيمة emf إلى 0.5 max- لأول مرة ويكون قد مر $\frac{7}{12}T$.

9- وعندما يصنع الملف مع الوضع العمودي 225° تصل قيمة emf إلى eff- لأول مرة بعد زمن قدره $\frac{5}{8}T$.

10- وعندما يصنع الملف مع الوضع العمودي الابتدائي 270° تصل قيمة emf إلى max- لأول مرة بعد زمن $\frac{3}{4}T$ أي أن قيمة emf تكون قيمة عظمى وبالتالي تكون شدة التيار المستحث أكبر ما يمكن.

11- وعندما يتحرك الملف عن الوضع العمودي الابتدائي 315° تصل قيمة emf إلى eff- للمرة الثانية بعد زمن قدره $\frac{7}{8}T$.

12- وعندما يتحرك الملف عن الوضع العمودي الابتدائي بزاوية 330° تصل قيمة emf المستحثة إلى 0.5 max- للمرة الثانية وذلك بعد زمن قدره $\frac{11}{12}T$.

13- وعندما يتحرك الملف عن الوضع الصفري الابتدائي بزاوية قدرها 360° تصل قيمة emf إلى الصفر مرة أخرى ويكون ذلك بعد انقضاء زمن الدورة كاملًا T .

لاحظ!!

لأن الملف بدأ حركته من وضع الصفر

عدد مرات الوصول للصفر بدءًا من وضع الصفر: $2N+1 = 2ft+1$

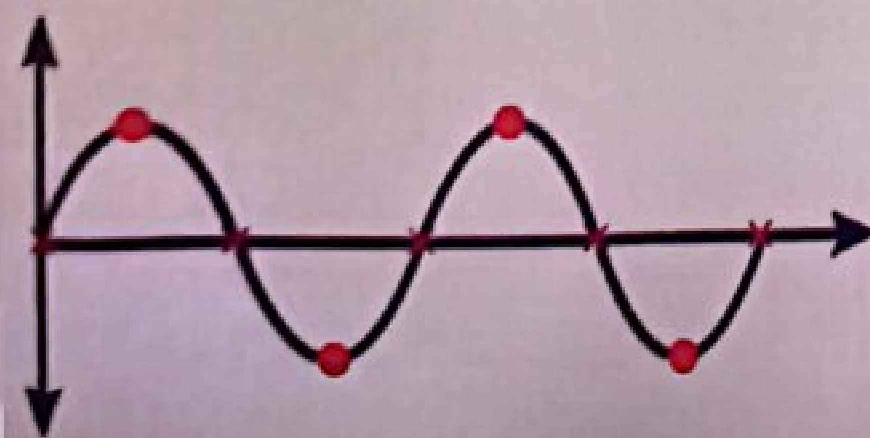
عدد مرات الوصول للصفر بدءًا من وضع الصفر في الثانية: $2f+1$

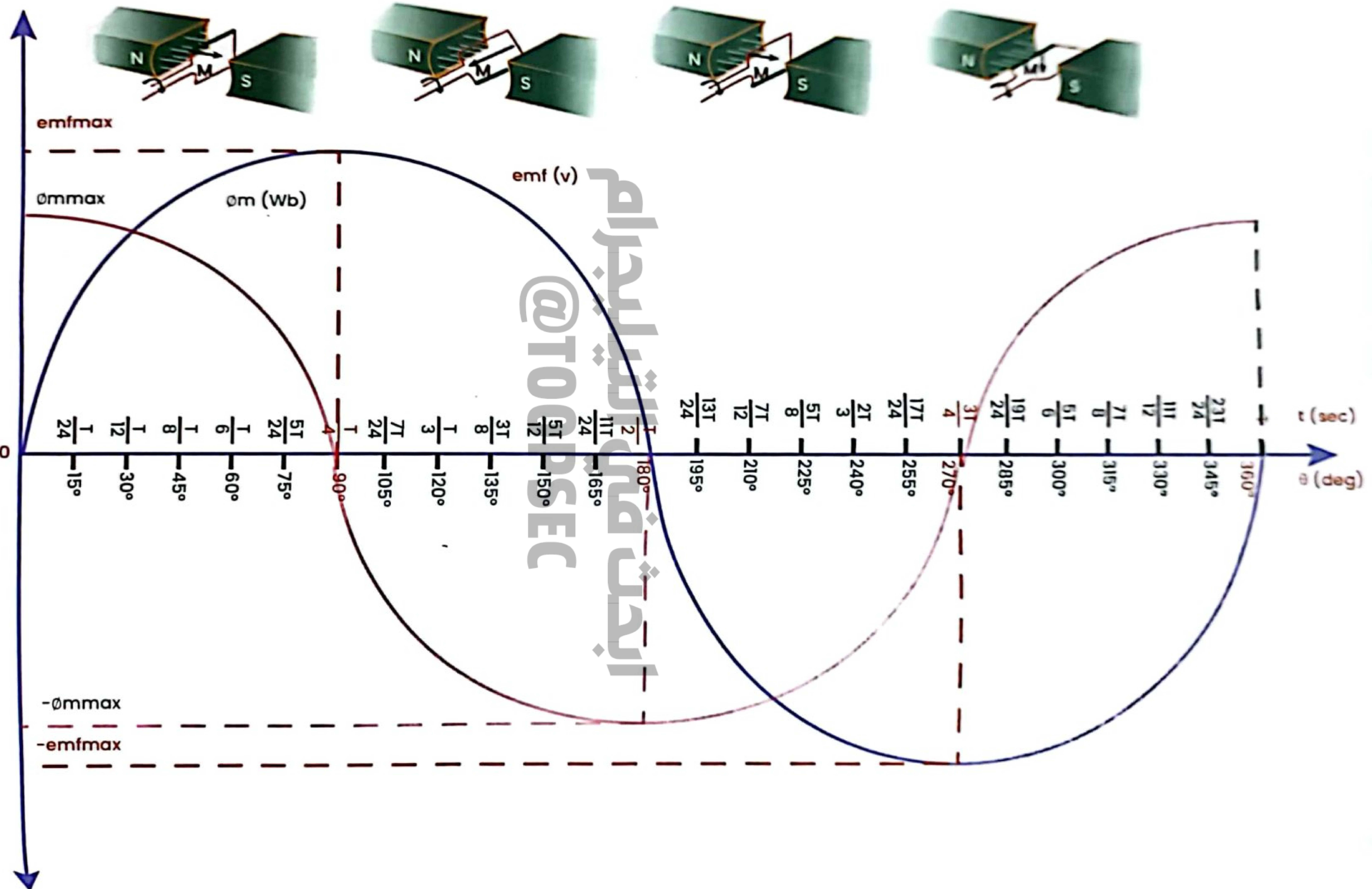
عدد مرات الوصول للقيمة العظمى بدءًا من وضع الصفر: $2N = 2ft$

عدد مرات الوصول للقيمة العظمى بدءًا من وضع الصفر في الثانية: $2f$

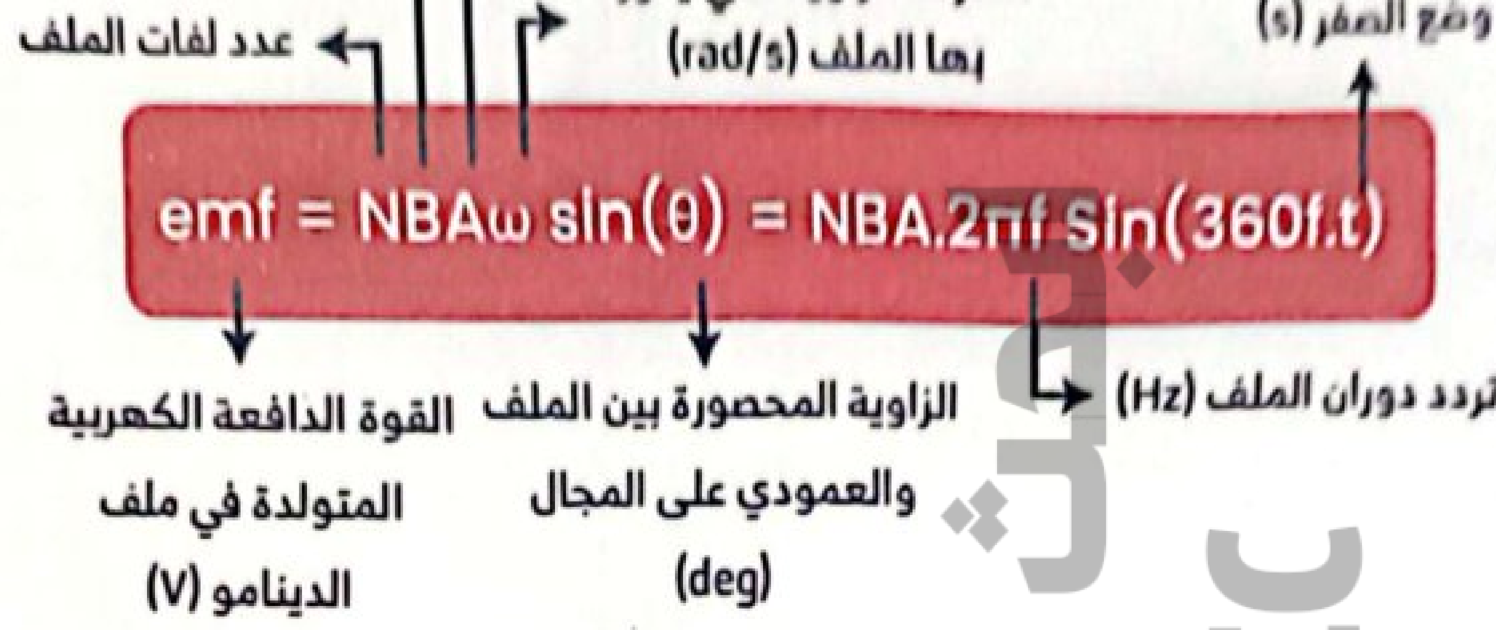
عدد مرات الوصول لنصف القيمة العظمى بدءًا من وضع الصفر: $4N = 4ft$

عدد مرات الوصول لنصف القيمة العظمى بدءًا من وضع الصفر في الثانية: $4f$





N
S
M
emfmax
Ømmax
Øm (Wb)
emf (v)
-Ømmax
-emfmax
0
T/24
T/12
T/8
T/6
5T/24
T/4
7T/24
T/3
3T/8
5T/12
11T/24
T/2
13T/24
7T/12
5T/8
2T/3
17T/24
3T/4
19T/24
5T/6
7T/8
11T/12
23T/24
T
t (sec)
15°
30°
45°
60°
75°
90°
105°
120°
135°
150°
165°
180°
195°
210°
225°
240°
255°
270°
285°
300°
315°
330°
345°
360°
θ (deg)



- emf اللحظية بدلالة emfmax:

$emf = emf_{max} \sin(\theta) = emf_{max} \sin(360f.t)$

ق.د.ك العظمى المتولدة في ملف الدينامو (V)

$\theta = 360ft$

$emf = IR$

$I = I_{max} \sin(\theta) = I_{max} \sin(360f.t)$

شدة التيار اللحظية في ملف الدينامو (A)

- emf اللحظية بدلالة السرعة الخطية لحركة الضلعين الطوليين لملف الدينامو:

$emf = 2NBLv \sin(\theta)$

- emf الفعالة بدلالة emfmax:

$emf_{eff} = \frac{emf_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707\, emf_{max}$

$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707\, I_{max}$

$Q_{th} = W = V_{eff}\, I_{eff}\, t = I_{eff}^2 R t = \frac{V_{eff}^2}{R} t$

$P_w = V_{eff}\, I_{eff} = I_{eff}^2 R = \frac{V_{eff}^2}{R}$

دار الملف 3/4 دورة / دار الملف °270
$\theta_2 = \theta_1 + 270^\circ$

دار الملف 1/6 دورة / دار الملف °60
$\theta_2 = \theta_1 + 60^\circ$

دار الملف دورة كاملة / دار الملف °360
$\theta_2 = \theta_1 + 360^\circ = \theta_1$

إذا كان مُعطى في السؤال:

الزاوية θ بدءاً من وضع الصفر
$emf = emf_{max} \sin(\theta)$
↓
360ft

الزاوية θ /الزمن t بدءاً من وضع العظمى
$emf = emf_{max} \sin(\theta + 90)$
↓
360ft

متوسط ق.د.ك المستحثة في ملف الدينامو

استنتاج متوسط القوة الدافعة المستحثة في ملف الدينامو

$$emf = -N \frac{BA\,\Delta\sin(\theta)}{\Delta t}$$

$$\Delta\sin(\theta) = \sin(\theta_2) - \sin(\theta_1)$$

تذكر: لإيجاد متوسط ق.د.ك في ملف نستخدم قانون فارادای

- خلال ربع دورة بدءاً من الوضع العمودي:

$$\Delta t = \frac{T}{4} = \frac{1}{4f} \;,\; \Delta\sin(\theta) = \sin(90+90) - \sin(90) = -1$$

$$emf = -NBA \times 4f \times -1 = \underbrace{NBA \times 4 \times \frac{\omega}{2\pi}}_{emf_{max}} = \frac{2}{\pi} emf_{max}$$

تابـع

• خلال نصف دورة بدءاً من الوضع العمودي:

$\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{1}{2f}$, $\Delta \sin(\theta) = \sin(90+180) - \sin(90) = -2$

$emf = -NBA \times 2f \times -2 = \underbrace{NBA}_{} \times 4 \times \frac{\omega}{2\pi} = \frac{2}{\pi} emf_{max}$ (emfmax)

• خلال $\frac{3}{4}$ دورة بدءاً من الوضع العمودي:

$\Delta t = \frac{3T}{4} = \frac{3}{4f}$, $\Delta \sin(\theta) = \sin(90+270) - \sin(90) = -1$

$emf = -NBA \times \frac{4f}{3} \times -1 = NBA \times \frac{4}{3} \times \frac{\omega}{2\pi} = \frac{2}{3\pi} emf_{max}$ (emfmax)

وبالمثل يمكن إيجاد متوسط ق.د.ك خلال الفترات المختلفة كالتالي:

حساب متوسط ق.د.ك المتولدة في ملف الدينامو

خلال		بدءاً من وضع العظمى/الموازي/الأفقي		بدءاً من وضع الصفر/العمودي/الرأسي
$\frac{1}{6}$ دورة	θ1	0°	θ1	90°
	θ2	$0° + \frac{1}{6} \times 360° = 60°$	θ2	$90° + \frac{1}{6} \times 360° = 150°$
	Δt	$= \frac{1}{6f}$	Δt	$\frac{T}{6} = \frac{1}{6f}$
	emf	$3\sqrt{3} NBAf = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} emf_{max}$	emf	$3NBAf = \frac{3}{2\pi} emf_{max}$
$\frac{1}{4}$ دورة	θ1	0°	θ1	90°
	θ2	$0° + \frac{1}{4} \times 360° = 90°$	θ2	$90° + \frac{1}{4} \times 360° = 180°$
	Δt	$= \frac{1}{4f}$	Δt	$\frac{T}{4} = \frac{1}{4f}$
	emf	$4NBAf = \frac{2}{\pi} emf_{max}$	emf	$4NBAf = \frac{2}{\pi} emf_{max}$

خلال		بدءاً من وضع العظمى/الموازي/الأفقي		بدءاً من وضع الصفر/العمودي/الرأسي
$\frac{1}{2}$ دورة	θ1	$0°$	θ1	$90°$
	θ2	$0° + \frac{1}{2} \times 360° = 180°$	θ2	$90° + \frac{1}{2} \times 360° = 270°$
	Δt	$= \frac{1}{2f}$	Δt	$= \frac{1}{2f}$
	emf	0	emf	$4NBAf = \frac{2}{\pi} emf_{max}$
$\frac{3}{4}$ دورة	θ1	$0°$	θ1	$90°$
	θ2	$0° + \frac{3}{4} \times 360° = 270°$	θ2	$90° + \frac{3}{4} \times 360° = 360°$
	Δt	$= \frac{3}{4f}$	Δt	$= \frac{3}{4f}$
	emf	$\frac{4}{3} NBAf = \frac{2}{3\pi} emf_{max}$	emf	$\frac{4}{3} NBAf = \frac{2}{3\pi} emf_{max}$
دورة كاملة	θ1	$0°$	θ1	$90°$
	θ2	$0° + 1 \times 360° = 360°$	θ2	$90° + 1 \times 360° = 450°$
	Δt	$T = \frac{1}{f}$	Δt	$T = \frac{1}{f}$
	emf	0	emf	0

عن أيوب قال:(لا ينبل الرجل حتى يكون فيه خصلتان: العفة عما في أيدي الناس، والتجاوز عنهم)

الاستخدام	
إيجاد متوسط ق.د.ك المتولدة في ملف الدينامو (خلال) فترة معينة	إيجاد ق.د.ك المتولدة في ملف الدينامو (عند/بعد) لحظة معينة
القانون	
$emf = -N \frac{BA\,\Delta \sin(\theta)}{\Delta t}$ $\Delta \sin(\theta) = \sin(\theta 2) - \sin(\theta 1)$ الزاوية المحصورة بين الملف والمجال (من قانون $\emptyset_m$)	$emf = NBA\omega \sin(\theta)$ $\theta = 360ft$ الزاوية المحصورة بين العمودي على الملف والمجال (بدءاً من وضع الصفر)

مثال

ملف عدد لفاته 100 لفة أبعاده 30cm , 20cm يدور بمعدل 3000 دورة كل دقيقة في مجال مغناطيسي شدته 0.1T ، احسب :

a) ق.د.ك العظمى. b) ق.د.ك الفعالة.

c) ق.د.ك بعد 1/6 دورة بدءًا من وضع العظمى.

d) ق.د.ك بعد 0.005 ثانية من وضع الصفر.

e) الزمن اللازم لوصول ق.د.ك إلى نصف العظمى في الاتجاه الموجب لأول مرة ولثاني مرة وفي السالب لأول مرة ولثاني مرة.

f) متوسط ق.د.ك خلال 1/6 دورة بدءًا من وضع الصفر.

g) متوسط ق.د.ك خلال 1/6 دورة بدءًا من وضع العظمى.

h) عدد مرات الوصول للصفر في الثانية. i) عدد مرات الوصول للعظمى في الثانية.

j) عدد مرات الوصول لنصف العظمى في الثانية. k) عدد مرات الوصول للفعالة في الثانية.

l) القدرة المستنفذة في مقاومة قدرها 20Ω.

m) كمية الحرارة المتولدة في هذه المقاومة خلال دورة كاملة.

$\therefore \theta = 30°, 150°, 210°, 330°$, $\theta = 360ft \rightarrow t = \frac{\theta}{360f}$

$\therefore t1 = \frac{30}{360 \times 50} = \frac{1}{600}$ sec , $t2 = \frac{150}{360 \times 50} = \frac{1}{120}$ sec

, $t3 = \frac{210}{360 \times 50} = \frac{7}{600}$ sec , $t4 = \frac{330}{360 \times 50} = \frac{11}{600}$ sec

f) $emf(1/6) = -NBA\left(\frac{\sin(\theta 2) - \sin(\theta 1)}{\frac{1}{6}T}\right) = -NBA\left(\frac{\sin(150) - \sin(90)}{\frac{1}{6}T}\right)$

$= \frac{1.5}{\pi} \times 60\pi = 90\ V$ $= 3NBAf = \frac{1.5}{\pi} emf_{max}$

g) $emf(1/6) = -NBA\left(\frac{\sin(\theta 2) - \sin(\theta 1)}{\frac{1}{6}T}\right) = -NBA\left(\frac{\sin(60) - \sin(0)}{\frac{1}{6}T}\right)$

$= \frac{1.5\sqrt{3}}{\pi} emf_{max} = \frac{1.5\sqrt{3}}{\pi} \times 60\pi = 90\sqrt{3}\ V$ $= 3\sqrt{3}NBAf = \frac{1.5\sqrt{3}}{\pi} NBA\omega$

$emf(1/6)$ بدءاً من الصفر $< emf(1/6)$ بدءاً من العظمى

h) عدد مرات الوصول للصفر في الثانية = $2N+1 = 2ft+1 = 101$ مره

i) عدد مرات الوصول للعظمى في الثانية = $2N = 2ft = 100$ مره

j) عدد مرات الوصول لنصف العظمى في الثانية = $4N = 4ft = 200$ مره

k) عدد مرات الوصول للفعالة في الثانية = $4N = 4ft = 200$ مره

l) $Pw = V_{eff}\ I_{eff} = I_{eff}^2 R = \frac{V_{eff}^2}{R} = \frac{(\frac{60}{\sqrt{2}} \times \pi)^2}{20} = 888.26\ W$

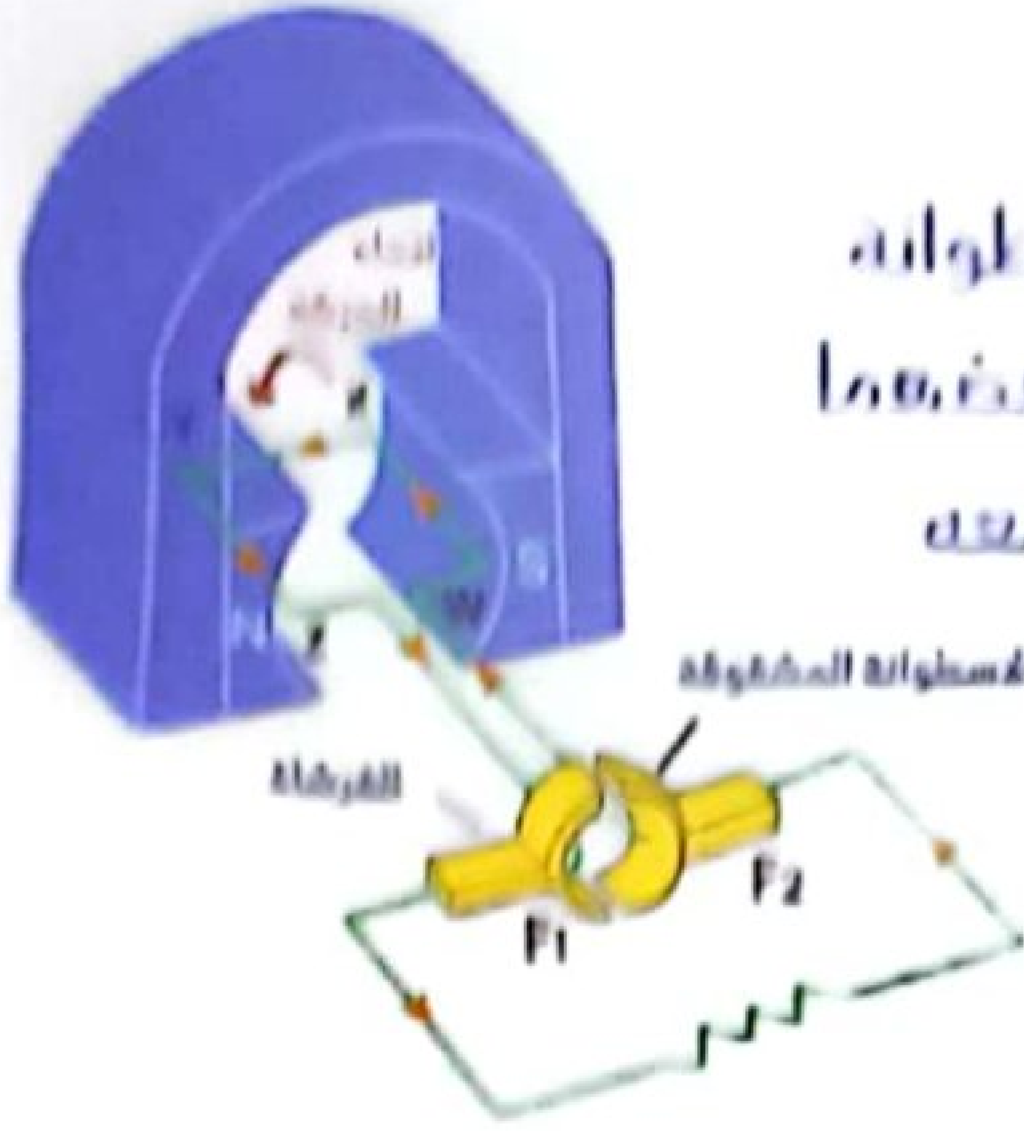
m) $Q_{th} = W = V_{eff}\ I_{eff}\ T = I_{eff}^2 R T = \frac{V_{eff}^2}{R} T = \frac{(\frac{60}{\sqrt{2}} \times \pi)^2}{20} \times 0.02 = 17.77\ J$

حيث T زمن الدورة $= \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02\ s$

١- الحصول على تيار موحد الاتجاه متغير الشدة

الاستخدام: تحضير بعض الفلزات بالتحليل الكهربي لمركباتها أو محاليل مركباتها.

التركيب:



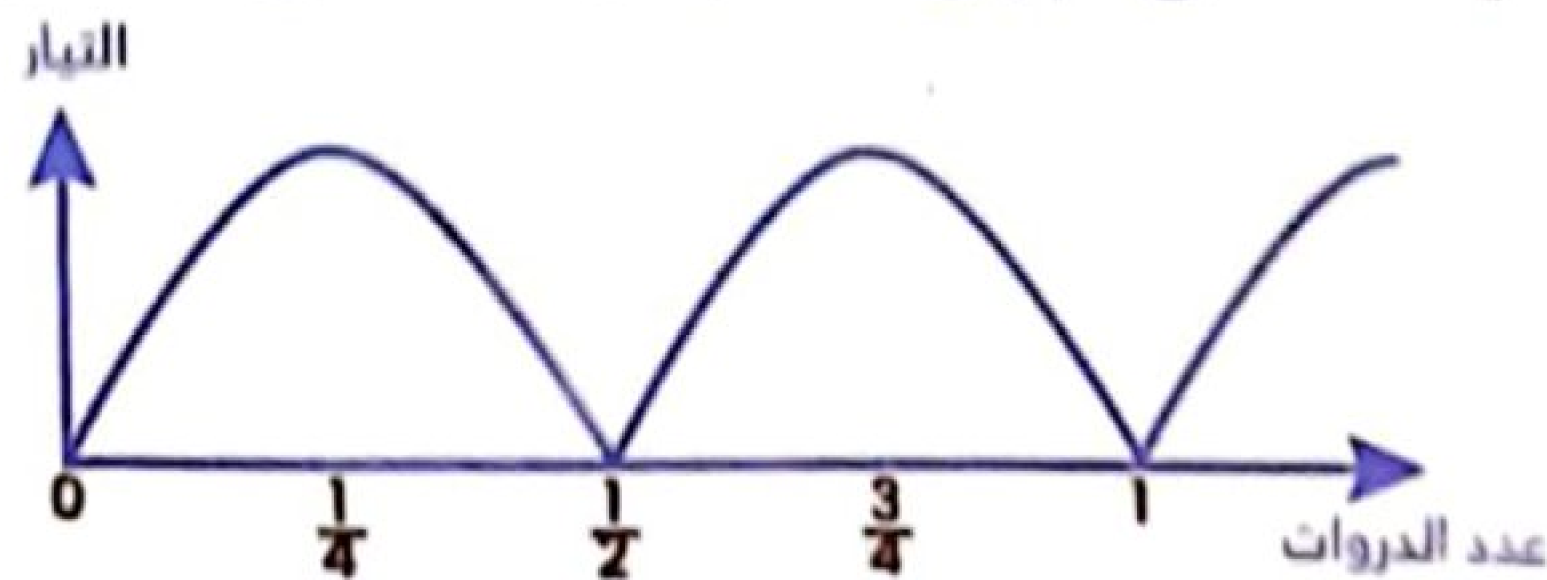
يتم استبدال الحلقتين المعدنيتين بمقوم التيار، ويتركب من أسطوانة معدنية جوفاء مشقوقة طولياً إلى نصفين معزولين تمامًا عن بعضهما بواسطة شق عازل، ويثبت النصفان على محور الدوران ويدوران معه ويلامس نصفي الأسطوانة أثناء دورانهما فرشتين من الكربون ثابتتين، على أن تلامس الفرشتان الشق العازل في اللحظة التي يكون فيها مستوى الملف عمودي على خطوط الفيض أي عندما تكون (emf = 0).

دور الأسطوانة المشقوقة: تقويم التيار المتردد بتوحيد اتجاهه في الدائرة الخارجية.

فكرة العمل: إذا بدأ الملف في الدوران في الاتجاه المبين بالرسم فإنه:

- خلال النصف الأول من الدورة ستكون الفرشاة (F1) ملامسة لنصف الأسطوانة (1) والفرشاة (F2) ملامسة لنصف الأسطوانة (2) وبالتالي فإن التيار يمر في الملف في الاتجاه (ZYXW) فيمر التيار في الدائرة الخارجية من الفرشاة (F2) إلى الفرشاة (F1).

- خلال النصف الثاني من الدورة يعكس التيار الكهربي اتجاهه في الملف ليمر في الاتجاه (WXYZ)وفي نفس الوقت تصبح الفرشاة (F1) ملامسة لنصف الأسطوانة (2) والفرشاة (F2) ملامسة لنصف الأسطوانة (1) فيمر التيار في الدائرة الخارجية من الفرشاة (F2) إلى الفرشاة (F1) أي في نفس اتجاهه خلال النصف الأول من الدورة.
- مع استمرار الدوران تظل الفرشاة (F2) موجبة الجهد والفرشاة (F1) سالبة الجهد لذلك يكون التيار الكهربي والقوة الدافعة الكهربية في الدائرة الخارجية موحدا الاتجاه دائماً ولكن مقدارهما يتغير من الصفر إلى النهاية العظمى ثم إلى الصفر كل نصف دورة من دورات الملف كما بالشكل.

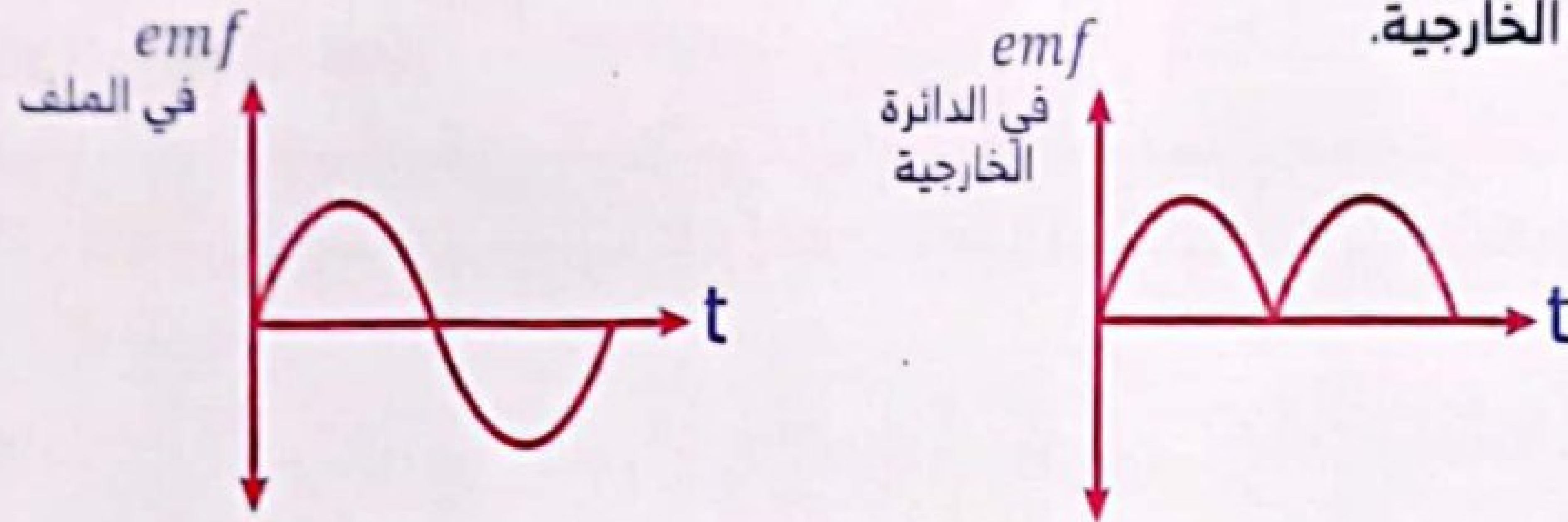


ملاحظات!!

يُراعى أن تكون المادة العازلة عمودية على مستوى الملف ليتزامن تعامد الملف على المجال مع ملامسة المادة العازلة للفرشتين؛ حيث ينقطع التيار في الدائرة الخارجية كلما يتعامد الملف على المجال وكلما تتلامس المادة العازلة مع الفرشتين.

>> وإذا لم يُراعى ذلك: يتضاعف عدد مرات انقطاع التيار.

- بالرغم من التعديل يظل التيار في ملف الدينامو متردد متغير الشدة والاتجاه ولكن موحد الاتجاه في الدائرة الخارجية.



- بعد التعديل يظل التردد كما هو في الملف بينما يتضاعف في الدائرة الخارجية.
- بعد التعديل يكون متوسط ق.د.ك خلال 1/4 دورة مساوي لمتوسط ق.د.ك خلال 1/2 دورة ويساوي متوسط ق.د.ك خلال 3/4 دورة ويساوي متوسط ق.د.ك خلال دورة كاملة = $\frac{2}{\pi} emf_{max}$

٢- الحصول على تيار موحد الاتجاه ثابت الشدة تقريبا

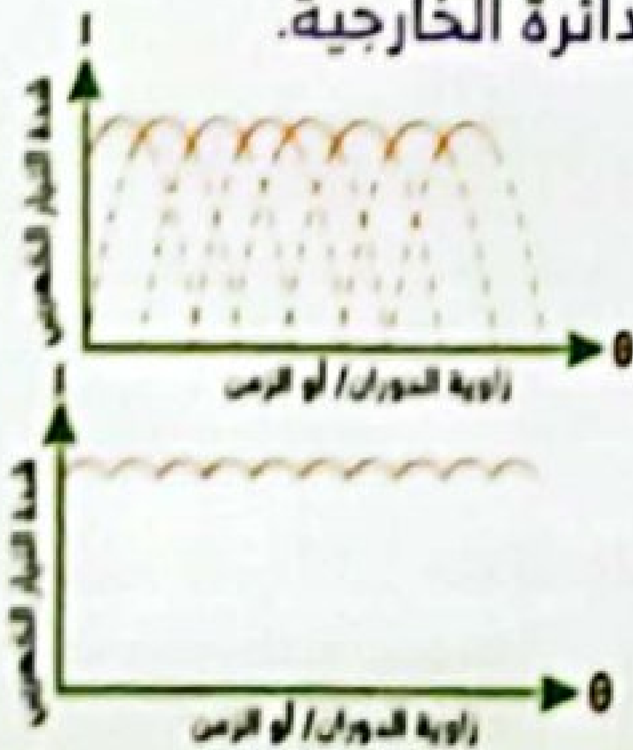
الاستخدام: الطلاء بالكهرباء، وشحن المراكم، وشاحن التليفون المحمول.

التركيب:

نستبدل الملف بعدة ملفات بينها زوايا صغيرة متساوية، كما يتم استبدال الحلقتين المعدنيتين بأسطوانة معدنية مجوفة مشقوقة إلى عدد من الأجزاء يساوي ضعف عدد الملفات على أن يُوصل طرفا كل ملف بجزئين متقابلين.

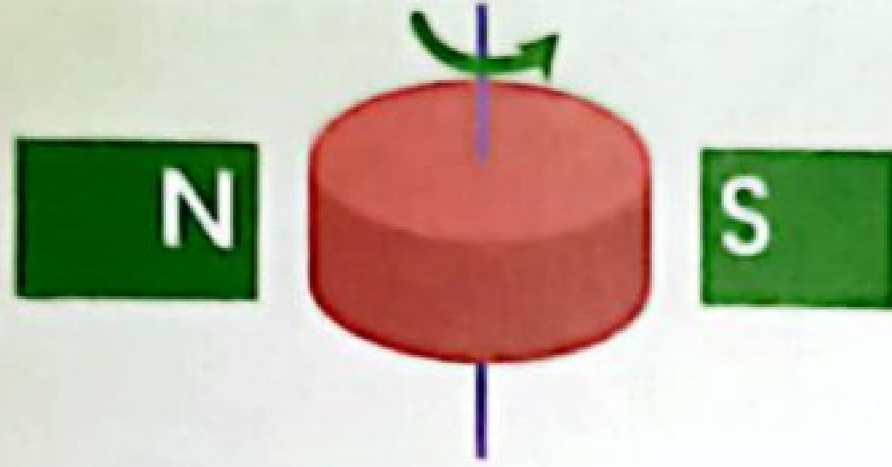
دور الأسطوانة المشقوقة: تقويم التيار المتردد بتوحيد اتجاهه في الدائرة الخارجية.

فكرة العمل:



في اللحظة التي يصبح فيها أحد الملفات في وضع أفقي وتكون شدة التيار المار فيه نهاية عظمى يخرج هذا التيار إلى الدائرة الخارجية وباستمرار الدوران يتبادل ملامسة الفرشتين للملفات وبذلك لا تصل شدة التيار في الدائرة الخارجية إلى صفر ولكن تكون شدته متغيرة تغيرًا بسيطًا.

التيارات الدوامية



فكرة العمل:

الحث الكهرومغناطيسي.

شرح فكرة العمل:

إذا تم تغيير عدد خطوط الفيض المغناطيسي التي تخترق قطعة معدنية، تتولد فيها تيارات مستحثة تسمى التيارات الدوامية، تسبب ارتفاع درجة حرارة القطعة المعدنية.

الاستخدام (فوائدها):

صهر المعادن (الفلزات) في أفران الحث: حيث تتكون من قالب معدني مصمت يلف حوله سلك يمر به تيار كهربي متردد يولد فيض متغير يقطع المعدن فيولد تيارات دوامية تعمل على رفع درجة حرارته لدرجة الانصهار.

أضرارها:

يُفقد جزء من الطاقة الكهربية في صورة طاقة حرارية. نظرًا لارتفاع درجة الحرارة فقد تتلف المادة العازلة للأسلاك فتتلامس مما يؤدي إلى تلف الأجهزة الكهربائية.

طرق تلاشي التيارات الدوامية (التقليل من أثارها الضارة):

يُصنع القلب الحديدي على شكل شرائح أو أقراص متوازية من الحديد المطاوع السيليكوني (مقاومته النوعية كبيرة) معزولة عن بعضها عزلًا تامًا على أن يكون اتجاه التقسيم موازيًا لخطوط الفيض (موازي لمحور الملف) حتى تكون المادة العازلة عمودية على اتجاه التيارات الدوامية فتضعفها، وذلك كله حتى تزداد مقاومة القلب الحديدي مما يقلل من التيارات الدوامية، فتقل الطاقة المستنفذة في صورة طاقة حرارية.

التيارات الدوامية

هي تيارات كهربية مستحثة تتولد في قطعة معدنية نتيجة قطعها لفيض متغير (إما بتعريضها لمجال متغير أو تحريكها في مجال ثابت) وتكون هذه التيارات عمودية على اتجاه خطوط الفيض وتمر في مسارات دائرية كالدوامات ، وتؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة القطعة المعدنية إلى درجة قد تؤدي إلى انصهارها

عرف

أفران الحث:-

فكرة العمل:

تعتمد على التيارات الدوامية المتولدة في قطعة معدنية نتيجة تعريضها لمجال متغير ناشئ عن تيار متردد، حيث تتولد تيارت تدور داخل القالب المعدني المصمت مما تسبب رفع درجة حرارته وقد ينصهر المعدن.

المحاضرة الرابعة

المحول الكهربي والمحرك الكهربي

المحول الكهربي

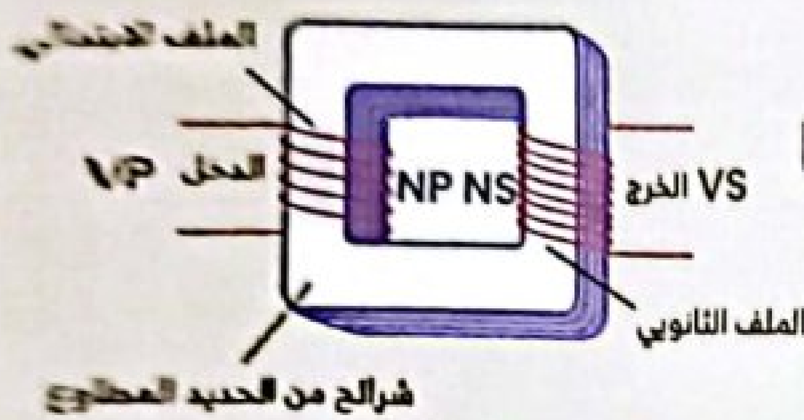
هو جهاز تعتمد فكرته على الحث المتبادل بين ملفين ويستخدم لرفع أو خفض الجهد المتردد فقط

عرف

المحــــول الكهربـي

الاستخدام: (الوظيفة)

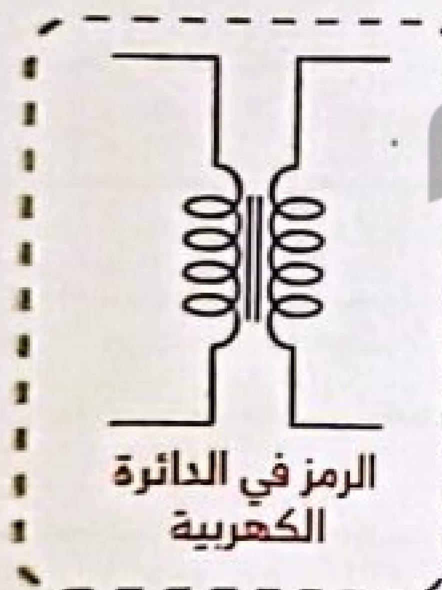
1- رفع أو خفض الجهد المتردد.
2- نقل الطاقة الكهربية من محطات توليدها إلى أماكن استخدامها على مسافات بعيدة عبر أسلاك معدنية دون فقد يُذكر في الطاقة.
3- يستخدم في بعض الأجهزة المنزلية كالأجراس والثلاجات.



الأساس العلمي (فكرة العمل):

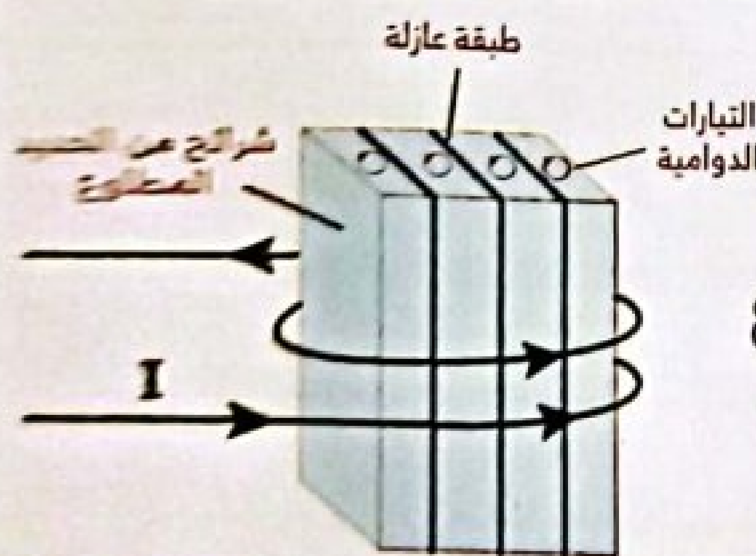
يعتمد على الحث المتبادل بين ملفين؛ حيث يمر تيار كهربي متردد في الملف الابتدائي فيتولد عنه مجال مغناطيسي متغير ويؤثر في الملف الثانوي فيتولد في الملف الثانوي قوة دافعة كهربية مستحثة.

التركيب:



(أ) الملف الابتدائي: يتكون من عدد من اللفات، ملف من سلك معدني معزول من النحاس لصغر المقاومة النوعية للنحاس فتكون مقاومة اللفات صغيرة مما يقلل القدرة المفقودة على هيئة حرارة في الأسلاك، و يتصل طرفاه بمصدر القوة الدافعة الكهربية المترددة المراد خفضها أو رفعها.

(ب) الملف الثانوي: يتكون من عدد من اللفات يختلف عددها عن الابتدائي حسب الغرض من المحول (رافع أو خافض) ويتصل بالجهاز المراد إمداده بالكهرباء.

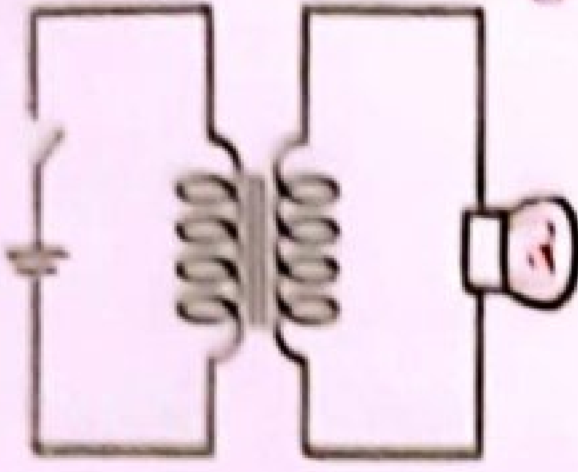


(ج) القلب المعدني: عبارة عن شرائح أو صفائح رقيقة من الحديد المطاوع السليكوني ذي النفاذية المغناطيسية العالية لتركيز خطوط الفيض وكذلك مقاومته النوعية كبيرة للتقليل من التيارات الدوامية، كما يسهل تحريك جزيئاته فلا تُفقد فيه طاقة ميكانيكية كبيرة، وتُعزل هذه الصفائح عن بعضها البعض للحد من التيارات الدوامية أيضًا ويُلف الملفان الابتدائي والثانوي حول القلب المعدن.

لاحظ!!

- أنواع المحولات: محولات رافعة للجهد عند محطات التوليد، محطات خافضة للجهد عند محطات التوزيع.
- لا يصلح المحول لرفع أو خفض الجهد المستمر وذلك لأن التيار المستمر سينتج عنه مجال مغناطيسي ثابت عند مروره في الملف الابتدائي، وبالتالي لا يحدث تأثر أي لا يتولد ق.د.ك مستحثة في الملف الثانوي إلا لحظة فتح وغلق دائرة الملف الابتدائي.

ماذا يحدث عند غلق دائرة المحول وعند فتحها في الدائرة المقابلة؟



عند الغلق: ينمو التيار في الملف الابتدائي فينمو مجاله فيعمل كمغناطيس يقترب من الملف الثانوي فيتولد في الملف الثانوي قوة دافعة كهربية مستحثة فيضيء المصباح لحظيا ولكنه ينطفئ لأن مجال الابتدائي سوف يثبت عندما تصل شدة التيار في الملف الابتدائي إلى القيمة العظمى

عند الفتح: ينهار المجال فيضيء المصباح لحظيًا ثم ينطفئ بعد انعدام المجال.

شرح عمل المحول الكهربي

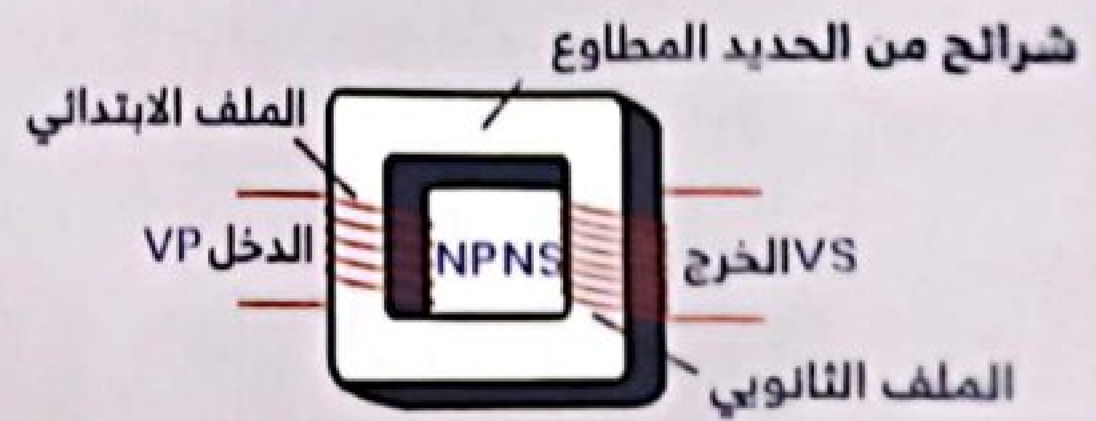
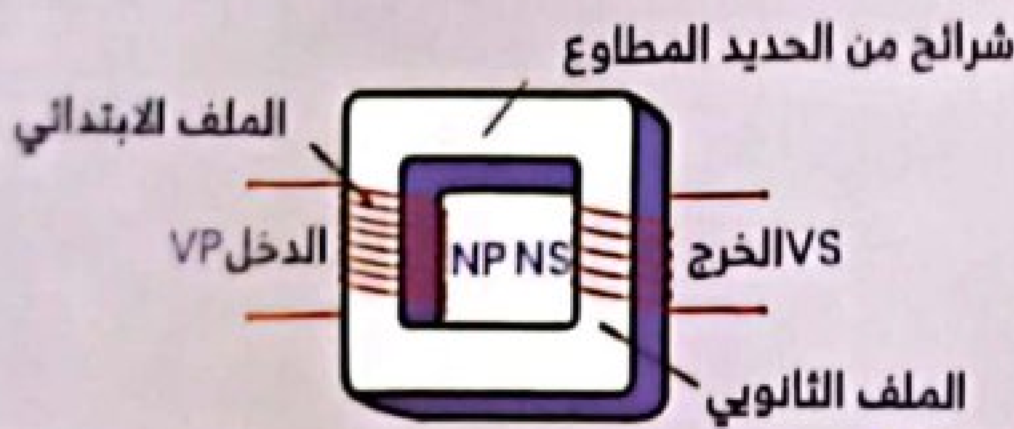
1- يُوصل الملف الابتدائي بمصدر التيار المتردد المراد تحويله، ويُوصل الملف الثانوي بالدائرة الكهربية المراد إمدادها بقيمة معينة للجهد.

2- عند غلق دائرة كل من الملف الابتدائي والملف الثانوي يمر تيار متردد في الملف الابتدائي فيتولد حوله وبداخله فيض مغناطيسي متردد، ويعمل القلب الحديدي على تركيز هذا الفيض ليقطع ملفات الملف الثانوي.

3- نتيجة التغير في الفيض المغناطيسي تتولد emf مستحثة في الملف الثانوي لها نفس التردد.

4- تكون قيمة emf المستحثة أكبر أو أقل من emf للمصدر حسب النسبة بين عدد لفات الملفين الثانوي والابتدائي.

قارن بين أنواع المحولات: (المحول الرافع والمحول الخافض)

	المحول الرافع	المحول الخافض
		
استخدامة	رفع الجهد الكهربي عند محطات التوليد	خفض الجهد الكهربي عند محطات التوزيع
عدد اللفات	Ns > Np	Np > Ns
القوة الدافعة الكهربية	Vs > Vp	Vp > Vs
شدة التيار	Is < Ip	Ip < Is

حساب العلاقة بين القوتين الدافعتين الكهربيتين / شدتي التيارين في ملفي المحول المثالي

إذا كان جهد الملف الابتدائي Vp وعدد لفاته Np والقوة الدافعة المستحثة المتولدة في الملف الثانوي Vs وعدد لفاته Ns فإنه:

عند غلق دائرة الملف الابتدائي وفتح دائرة الملف الثانوي يتولد بالحث الذاتي للملف الابتدائي emf مستحثة = emf للمصدر:

$$V_p = -N_p \frac{\Delta \phi m}{\Delta t} \rightarrow (1)$$

معدل تغير خطوط الفيض في الملف الابتدائي

عند غلق دائرة الملفين الابتدائي والثانوي يتولد بين طرفي الملف الثانوي emf مستحثة لها نفس التردد:

$$V_s = -N_s \frac{\Delta \phi m}{\Delta t} \rightarrow (2)$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

إذا كان:

$N_p < N_s$

تكون القوة الدافعة الكهربية للملف الثانوي أكبر من القوة الدافعة الكهربية للملف الابتدائي ويصبح المحول رافع للجهد.

إذا كان:

$N_p > N_s$

تكون القوة الدافعة الكهربية للملف الثانوي أصغر من القوة الدافعة الكهربية للملف الابتدائي ويصبح المحول خافض للجهد.

- وبفرض عدم وجود فقد في الطاقة الكهربية في المحول، فإنه تبعًا لقانون بقاء الطاقة:

الطاقة الكهربية المستنفذة في الملف الابتدائي في زمن معين
= الطاقة الكهربية المتولدة في الملف الثانوي في نفس الزمن

$$V_p I_p t = V_s I_s t$$

ومنها تكون قدرة الدخل "للملف الابتدائي" = قدرة الخرج "للملف الثانوي":

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{-L_P \frac{\Delta I_P}{\Delta t}}{-M \frac{\Delta I_P}{\Delta t}} = \frac{L}{M}$$

النسبة بين معامل الحث الذاتي إلى معامل الحث المتبادل

$$\because \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{L}{M}$$

أي أن: النسبة بين شدتي التيار في الملفين تتناسب عكسياً مع النسبة بين عدد لفاتيهما وكذلك مع النسبة بين القوتين الدافعتين الكهربيتين المتولدتين في كل منها

مثـــال

محول كهربي يعمل على فرق جهد 220V وله ملفان ثانويان أحدهما موصل بمروحة كهربية صغيرة تعمل على (6V,0.4A) والآخر موصل بمسجل يعمل على (12V,0.35A) فإذا كان عدد لفات الملف الابتدائي 1100 لفة، احسب:

أ) عدد لفات كل من الملفين الثانويين.

ب) شدة تيار الملف الابتدائي عند تشغيل كل من المروحة والمسجل معًا.

$$\frac{V_p}{V_{s1}} = \frac{N_p}{N_{s1}} \rightarrow \frac{220}{6} = \frac{1100}{N_{s1}} \rightarrow N_{s1} = 30 \text{ لفة}$$

$$\frac{V_p}{V_{s2}} = \frac{N_p}{N_{s2}} \rightarrow \frac{220}{12} = \frac{1100}{N_{s2}} \rightarrow N_{s2} = 60 \text{ لفة}$$

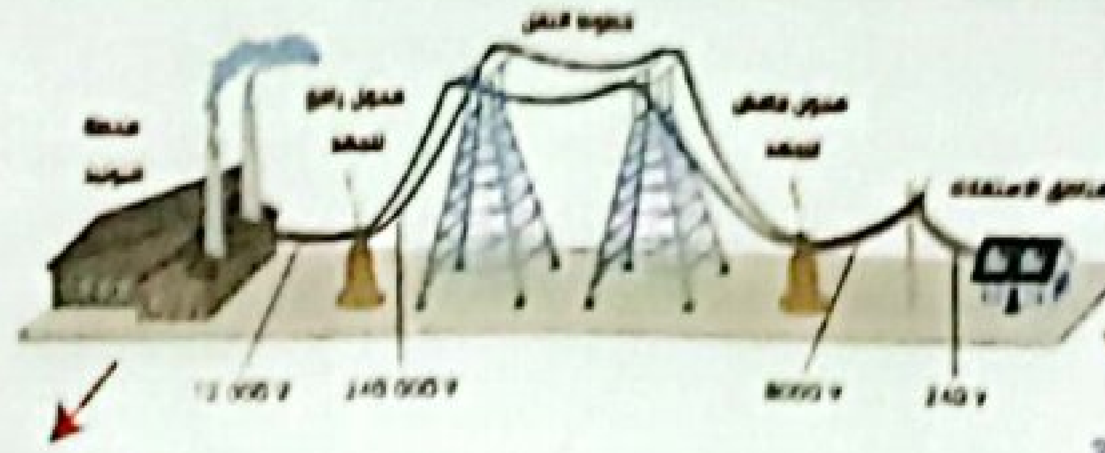
$$Pw_p = Pw_{s1} + Pw_{s2} \rightarrow V_p I_p = V_{s1} I_{s1} + V_{s2} I_{s2}$$

$$220 \times I_p = 6 \times 0.4 + 0.35 \times 12 \rightarrow I_p = 0.03 \text{ A}$$

ملاحظات!!

- لايستهلك المحول طاقة عندما تكون دائرة ملفه الثانوي مفتوحة؛ لأنه عندما تكون دائرة الملف الثانوي مفتوحة يتولد بالحث الذاتي emf مستحثة عكسية في الملف الابتدائي تساوي تقريباً القوة الدافعة الكهربية للمصدر الخارجي فتنعدم الطاقة المستهلكة في الملف الإبتدائي.
- تعمل emf المستحثة المتولدة بالحث الذاتي في الملف الإبتدائي على تحديد قيمة التيار بحيث لا يزداد أكثر من اللازم فيحترق الملف الإبتدائي.
- عند غلق دائرتي الملفين الإبتدائي والثانوي لمحول كهربي يمر به تيار كهربي في دائرة الملف الإبتدائي وتستنفذ طاقة كهربية فيه؛ نظراً لتولد emf مستحثة في الملف الثانوي بالحث المتبادل ينشأ عنها مرور تيار مستحث يولد فيض مغناطيسي يقاوم التغير في الفيض المغناطيسي الناشئ عن الملف الإبتدائي، وبالتالي تقل emf المستحثة العكسية في الملف الإبتدائي وتستنفذ طاقة كهربية فيه.
- لا يصلح المحول لرفع أو خفض قوة دافعة كهربية مستمرة؛ لأن الفيض المغناطيسي الناشئ عن التيار المستمر ثابت فلا تتولد emf مستحثة بالحث المتبادل (إلا لحظة غلق وفتح الدائرة) وهو أساس عمل المحول الكهربي.
- يعتبر المحول الخافض للجهد رافع للتيار بينما المحول الرافع للجهد خافض للتيار؛ لأن القدرة ثابتة وبالتالي فإن فرق الجهد يتناسب عكسياً مع شدة التيار تبعاً للعلاقة: $I = \frac{Pw}{V}$

استخدام المحولات في نقل الطاقة



عند مناطق التوزيع
تستخدم محولات خافضة للجهد (رافعة للتيار) ليصبح فرق الجهد على الملف الثانوي 220V وهو الجهد المناسب لتشغيل الأجهزة الكهربائية المستخدمة في المنازل.

القدرة عند المستهلك =
القدرة عند المحطة - القدرة المفقودة في الأسلاك (خطوط النقل)

عند محطة التوليد الكهربية
يستخدم المحول الرافع للجهد (خافض للتيار) حتى يتم رفع الجهد إلى قيمة عالية عند المحطة وبالتالي تقل قيمة شدة التيار إلى قيمة منخفضة جدًا مما يقلل من الفقد في القدرة عبر الأسلاك وتكون
القدرة المفقودة في الأسلاك = I^2R
الهبوط في الجهد = IR

العوامل التي تتوقف عليها كفاءة المحول الكهربي

- مقاومة أسلاك الملفين
- الشكل الهندسي للملفين
- نوع مادة القلب المعدني
- تقسيم القلب المعدني لشرائح معزولة عن بعضها

كفائة المحول الكهربي

كفائة المحول الكهربي

النسبة بين قدرة الملف الثانوي إلى قدرة الملف الابتدائي أو النسبة بين الطاقة الكهربية المتولدة في الملف الثانوي إلى الطاقة الكهربية المستنفذة في الابتدائي في نفس الزمن

عرف

إذا لم يكن هناك فقد في الطاقة الكهربية في المحول تكون كفاءة المحول 100%

$$\eta = \frac{P_{ws}}{P_{wp}} \times 100 = \frac{V_s I_s}{V_p I_p} \times 100 = \frac{V_s N_p}{V_p N_s} \times 100$$

؟! علل لايوجد محول مثالي (كفائته (100%)؟

لأن الطاقة الكهربية المتولدة في الملف الابتدائي لا تساوي الطاقة الكهربية الناتجة في الملف الثانوي لأنه يحدث فقد بأكثر من صورة.

عوامل فقد الطاقة وكيفية التقليل منها

1. يتحول جزء من الطاقة الكهربية في القلب الحديدي إلى طاقة حرارية بسبب التيارات الدوامية.
صنع القلب الحديدي من شرائح رقيقة معزولة عن بعضها من الحديد المطاوع السيليكوني لكبر مقاومته النوعية.

2. يتحول جزء من الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية تستنفذ في تحريك جزيئات القلب الحديدي المغناطيسية.
صنع القلب الحديدي من الحديد المطاوع السيليكوني لسهولة حركة جزيئاته المغناطيسية.

3. يتحول جزء من الطاقة الكهربية في الأسلاك إلى طاقة حرارية.
صنع الملفات من أسلاك من النحاس مقاومتها أقل ما يمكن.

4. تسرب بعض خطوط الفيض فلا تقطع الملف الثانوي.
يلف الملف الثانوي حول الابتدائي مع عزله عنه.

حساب قوانين كفاءة المحول وكفاءة النقل

تتعين كفاءة المحول الكهربي الذي جهد ملفه الابتدائي Vp وعدد لفاته Np والقوة الدافعة المستحثة المتولدة في ملفه الثانوي Vs والذي له عدد لفات Ns من العلاقة:

$$\eta = \frac{PWs}{PWp} \times 100 = \frac{Vs\,Is}{Vp\,Ip} \times 100 = \frac{Vs\,Np}{Vp\,Ns} \times 100$$

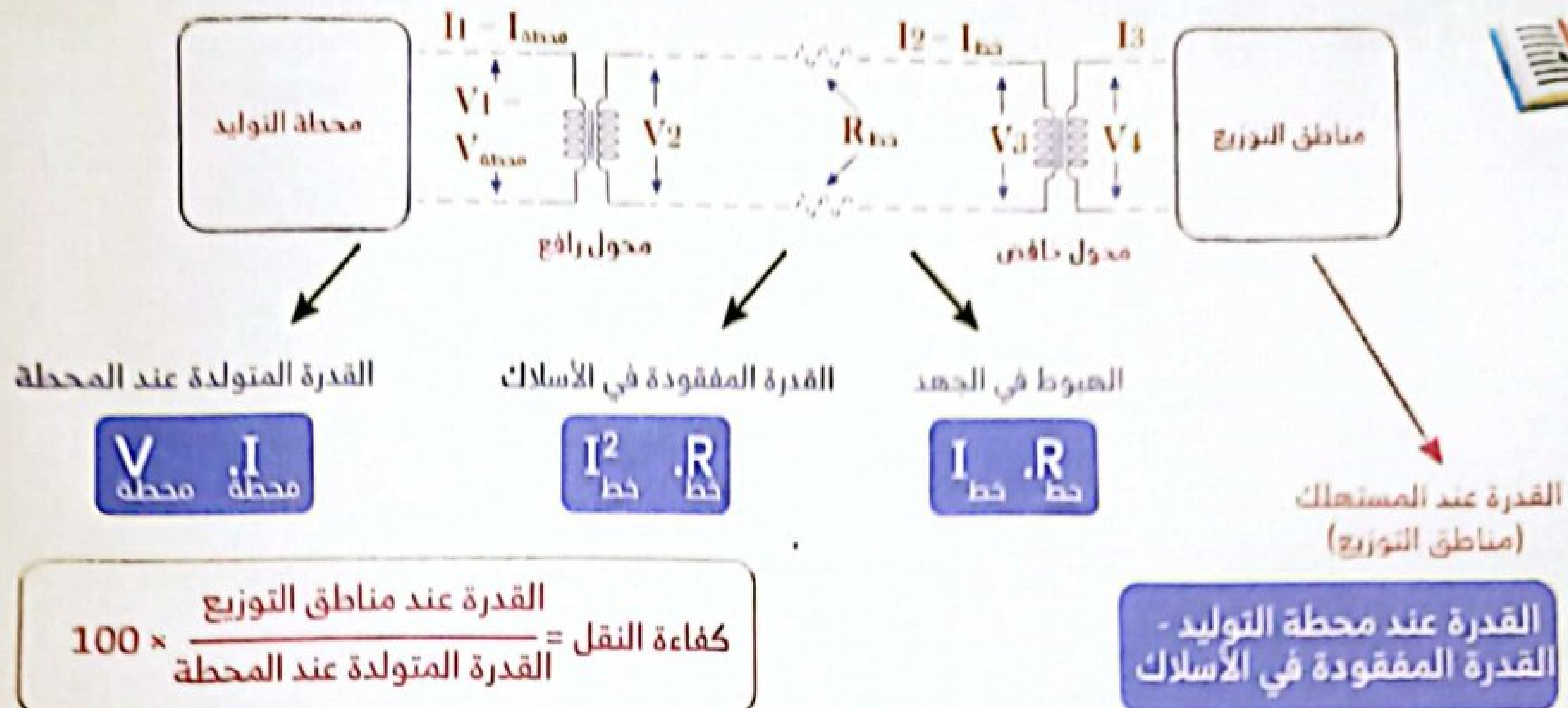
- η: كفاءة المحول
- PWs: القدرة المنتجة في الملف الثانوي (Watt)
- PWp: القدرة المتولدة في الملف الابتدائي (Watt)
- Vs: جهد الملف الثانوي (V)
- Is: شدة التيار الماره في الملف الثانوي (A)
- Vp: جهد الملف الابتدائي (V)
- Ip: شدة التيار الماره في الملف الابتدائي (A)
- Np: عدد لفات الملف الابتدائي
- Ns: عدد لفات الملف الثانوي

- وإذا كان المحول يحتوي على أكثر من ملف ثانوي:

$$\eta = \frac{PWs_1 + PWs_2}{PWp} \times 100 = \frac{Vs_1\,Is_1 + Vs_2\,Is_2}{Vp\,Ip} \times 100$$

- PWs_1: القدرة المنتجة في الملف الثانوي الأول (Watt)
- PWs_2: القدرة المنتجة في الملف الثانوي الثاني (Watt)
- Is_1: شدة التيار الماره في الملف الثانوي الأول (A)
- Is_2: شدة التيار الماره في الملف الثانوي الثاني (A)
- Vs_1: جهد الملف الثانوي الأول (V)
- Vs_2: جهد الملف الثانوي الثاني (V)

- حساب كفاءة نقل الطاقة من أماكن التوليد وحتى أماكن التوزيع:



$$\text{كفاءة النقل} = \frac{\text{القدرة عند مناطق التوزيع}}{\text{القدرة المتولدة عند المحطة}} \times 100$$

إشادات لحل المسائل فى حالة اذاكان المحول

مثـــالى

- $P_{ws} = P_{wp}$

$V_s \, I_s = V_P \, I_P$

- $\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P}$

جهد اللفة الواحدة

$V_{s_{\text{اللفة الواحدة}}} = V_{P_{\text{اللفة الواحدة}}}$

غيرمثـــالى

- $P_{ws} < P_{wp}$
- $\eta = \frac{P_{ws}}{P_{wp}} \times 100$

$$\text{كفاءة المحول} = \frac{V_s \, I_s}{V_P \, I_P} \times 100$$

$$= \frac{V_s \, N_P}{V_P \, N_s} \times 100$$

جهد اللفة الواحدة

$V_{s_{\text{اللفة الواحدة}}} < V_{P_{\text{اللفة الواحدة}}}$

دائما V_s أقل من V_P (اللفة الواحدة)

ملحوظة مهمة جدا!!

$\frac{N_P}{N_s} = \frac{I_s}{I_P}$

يستخدم فى المثالى والغير مثالى

$\frac{V_s}{V_P} = \frac{N_s}{N_P}$

يستخدم فى المثالى فقط

محرك التيار الكهربي المستمر

محرك التيار الكهربي المستمر (الموتور)

الاستخدام:

- تحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية (حركية).

الأساس العلمي (فكرة العمل):

- عزم الازدواج الناتج عن مرور تيار كهربي في ملف قابل للدوران في مجال مغناطيسي.

التركيب:

(أ) قلب من الحديد المطاوع؛ مكون من أقراص رقيقة معزولة عن بعضها للحد من التيارات الدوامية.

(ب) ملف مستطيل؛ يتكون من عدد كبير من لفات سلك نحاس معزول ملفوف حول القلب الحديدي وقابل للدوران حول محور موازي لطوله وعمودي على المجال.

(ج) مغناطيس قوي على شكل حذاء فرس قطبيه مقعرين يدور الملف والقلب الحديدي بين قطبيه.

(د) أسطوانة معدنية مشقوقة بالطول إلى نصفين معزولين عن بعضهما متصلين بطرفي الملف وقابلين للدوران حول نفس محور دوران الملف.

(هـ) فرشتان من الجرافيت؛ تتصل كل منهما بأحد نصفي الأسطوانة المعدنية.

(و) بطارية؛ يُوصل قطباها بالفرشتين عند تشغيل المحرك الكهربي.

الشرح:

- في البداية يكون مستوى الملف موازياً للفيض، عند مرور تيار كهربي في الملف تتولد قوتان متوازيتان ومتساويتان في المقدار ومتضادتان في الاتجاه على الضلعين الطوليين للملف ينشأ عنهما ازدواج فيدور الملف حول محوره في نفس الاتجاه ليغير نصفا الأسطوانة المعدنية موضعهما بالنسبة للفرشتين كل نصف دورة ويترتب على ذلك أن التيار الكهربي المار في ملف المحرك الكهربي يُعكس اتجاهه في الملف كل نصف دورة.

لاحظ!!

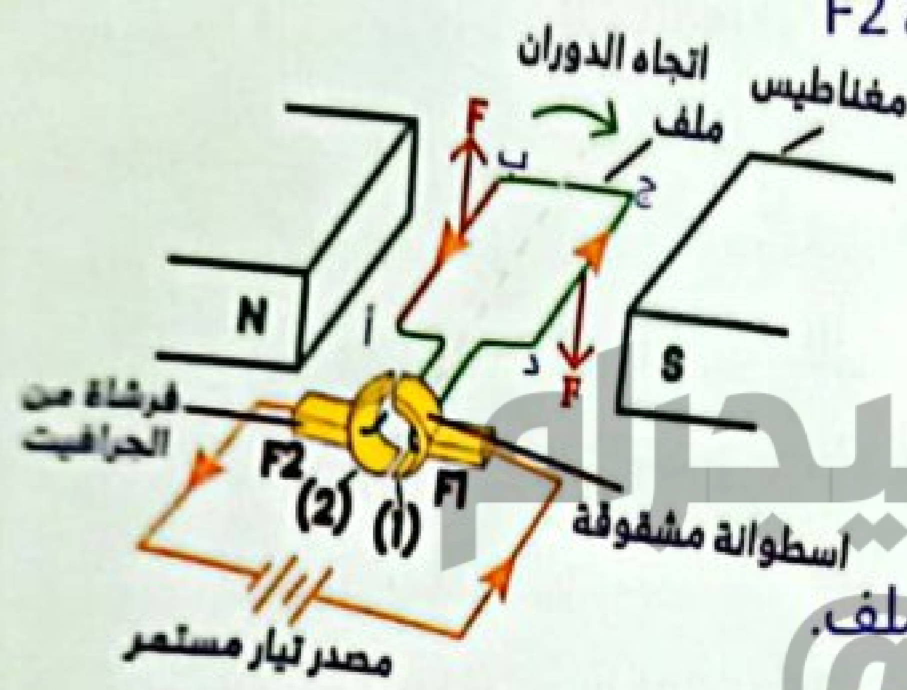
1) فكرة عمل المحرك الكهربي هي نفسها فكرة عمل الجلفانومتر ذي الملف المتحرك، الإختلاف بينهما أن ملف المحرك الكهربي يجب أن يدور باستمرار في نفس الاتجاه.

2) يكون المستوى الفاصل بين نصفي الأسطوانة متعامداً مع مستوى الملف والخط الواصل بين الفرشتين موازياً لخطوط المجال المغناطيسي وعند تشغيل المحرك الكهربي توصل الفرشتان بقطبي البطارية.

شرح عمل الموتور خلال دورة كاملة

في النصف الأول من الدورة:

- نبدأ بوضع يكون فيه مستوى الملف موازيًا للفيض فتلامس فرشتا الجرافيت نصفي الأسطوانة حيث تكون الفرشاة F1 متصلة بالقطب الموجب للبطارية وملامسة لنصف الاسطوانة (1)، والفرشاة F2 متصلة بالقطب السالب للبطارية وملامسة لنصف الاسطوانة (2) فيمر تيار في الملف في الاتجاه (د ج ب أ) وتتولد قوتان مغناطيسيتان عموديتان على ضلعي الملف تبعاً لقاعدة فلمنج لليد اليسرى حيث تكون القوة على الضلع (أ ب) لأعلى ، والقوة على الضلع (ج د) لأسفل وفي اتجاهين متضادين فينتج عنهما عزم ازدواج يسبب دوران الملف.

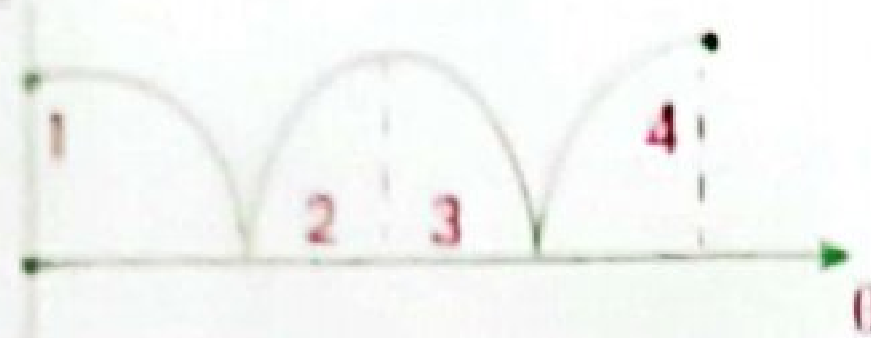


- مع استمرار دوران الملف يقل عزم الازدواج تدريجيًا حتى ينعدم عندما يصبح مستوى الملف عموديًا على الفيض فتلامس الفرشتان المادة العازلة وينقطع التيار ويستمر الملف في الدوران حتى يصبح موازيًا للفيض مرة أخرى بسبب القصور الذاتي.

في النصف الثاني من الدورة:

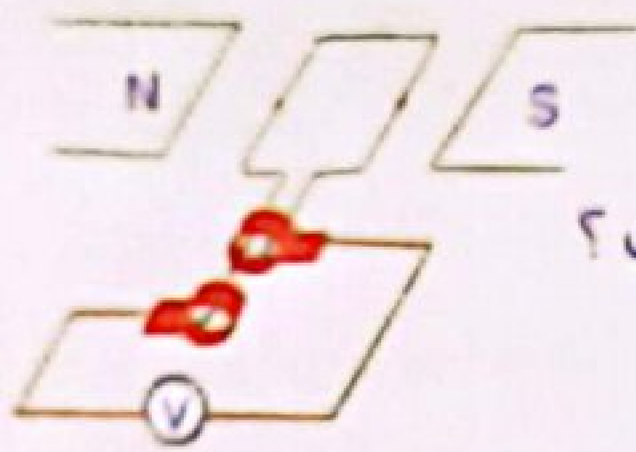
- يصبح مستوى الملف موازيًا للفيض مرة أخرى ويتبادل نصفا الأسطوانة (1 ، 2) موضعهما بالنسبة للفرشتين (F1 ، F2) حيث يصبح نصف الأسطوانة (1) ملامساً للفرشاة F2 ونصف الأسطوانة (2) ملامساً للفرشاة F1 ، وينعكس اتجاه التيار في الملف فيمر في الاتجاه (أ ب ج د)، وبتطبيق قاعدة فلمنج لليد اليسرى في الوضع الجديد تصبح القوة على الضلع (أ ب) إلى أسفل والقوة على الضلع (ج د) إلى أعلى وينشأ عزم ازدواج يعمل على استمرار دوران الملف في نفس الاتجاه الدائري السابق.

- مع استمرار دوران الملف يقل عزم الازدواج تدريجيًا حتى ينعدم عندما يكون مستوى الملف عموديًا على خطوط الفيض مرة أخرى ويستمر الملف في الدوران بسبب القصور الذاتي حتى يكمل دورته ويصبح موازيًا للفيض، ويتكرر ذلك كل دورة كاملة للملف.



مثال

أراد طالب تحويل الدينامو المبين بالرسم إلى موتور فقام باستبدال الفولتميتر ببطارية ولكنه فوجئ أن الموتور لم يعمل كما هو معتاد. فسر لماذا لم يدر الملف. وبماذا تنصح الطالب لكي يدور الملف ؟



-السبب أن الطالب ما زال يستخدم نظام الحلقتين اللتين تدوران مع الملف والفرشتين الثابتتين ويترتب على ذلك أن التيار الكهربي المار في الملف يظل باستمرار في اتجاه واحد لا ينعكس كل نصف دورة، وبالتالي تكون القوة المؤثرة عليه حسب قاعدة فلمنج لليد اليسرى تعمل في اتجاه واحد دائمًا فيتحرك الملف قليلًا ولا يدور.

- بتوصيل طرفي الملف بنصفي أسطوان معزولة جوفاء مشقوقة بالطول إلى نصفين (س ، ص) معزولان عن بعضهما وقابلان للدوران حول نفس محور دوران الملف على أن يكون المستوى الفاصل بين نصفي الأسطوانة عموديًا على مستوى الملف.

حساب العلاقة بين تيار الموتور وانتظام معدل الدوران

التيار المحرك للموتور = تيار البطارية - التيار العكسي

عند دوران ملف الموتور بين قطبي المغناطيس يتغير معدل قطع الملف لخطوط الفيض فيتولد في الملف emf مستحثة (اتجاهها عكس اتجاه VB) وتيار مستحث عكسي ويكون:

$$I = \frac{VB - emf_{\text{عكسية}}}{R_{\text{ملف}}}$$

وعند توقف الموتور (أو بداية الحركة) تكون ق.د.ك العكسية مساوية للصفر فيكون:

$$I = \frac{VB}{R_{\text{ملف}}}$$

بسبب انعدام ق.د.ك العكسية عند بدء الحركة يكون التيار في بداية التشغيل كبير مما قد يسبب احتراق لفات الملف، ولذلك توضع مقاومة مؤقته عند بداية التشغيل للحد من قيمة التيار في البداية ثم تُرفع من الدائرة عند وصول الموتور إلى سرعة مناسبة (ق.د.ك عكسية مناسبة):

$$I = \frac{VB}{R_{\text{ملف}} + R_{\text{مؤقتة}}}$$

وتعمل emf المستحثة العكسية على تنظيم سرعة دوران الملف حيث:

1) عند نقص شدة التيار المار في ملف الموتور تقل سرعة دورانه وبالتالي تقل ق.د.ك المستحثة المتولدة في الملف فتقل شدة التيار العكسي المستحث وبالتالي تزداد شدة تيار المحرك فتزداد سرعة دوران الملف.

2) عندما تزداد سرعة الدوران يزداد معدل قطع الفيض فتزداد emf العكسية فيقل عزم الازدواج وتقل سرعة الدوران. وهكذا حتى يثبت الفرق بين شدة تيار البطارية وشدة التيار العكسي المتولد بالحث ويُلاحظ أن انتظام سرعة دوران الموتور ناتج عن تأثير شدة تيار المصدر والتيار المستحث العكسي.

مثال

محرك كهربي مقاومة ملفاته 5 أوم يعمل عند مرور تيار لا تقل شدته عن 1A من مصدر كهربي 100V احسب:

a- emf المستحثة العكسية.

b- شدة التيار عند بدء التشغيل.

c- المقاومة اللازم توصيلها لكي تجعل شدة التيار في البداية 5A.

$$a)\ I = \frac{V_B - emf_{عكسية}}{R_{ملف}} \rightarrow 1 = \frac{100 - emf_{عكسية}}{5} \rightarrow emf_{عكسية} = 95\ V$$

$$b)\ I = \frac{V_B}{R_{ملف}} = \frac{100}{5} = 20\ A$$

$$c)\ I = \frac{V_B}{R_{ملف} + R_{موقتة}} \rightarrow 5 = \frac{100}{5 + R_{موقتة}} \rightarrow R_{موقتة} = 15\ \Omega$$

اذكر العوامل التي تتوقف عليها قدرة الموتور الكهربي

- عدد ملفات الموتور
- عدد لفات كل ملف
- كثافة الفيض المغناطيسي
- شدة التيار المار في ملف الموتور
- مساحة وجه ملف الموتور

أذكر كيفية زيادة كفاءة دوران المحرك الكهربي

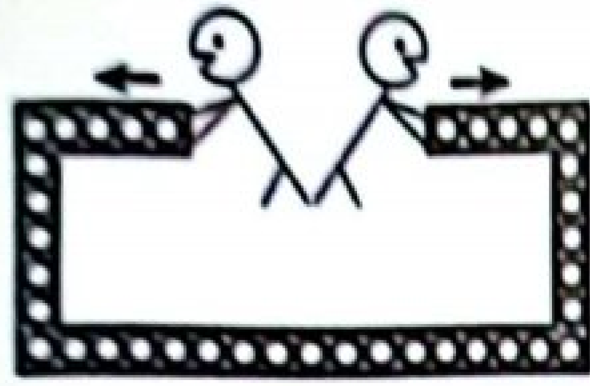
- استخدام مجموعة من الملفات بينها زوايا صغيرة متساوية؛ للاحتفاظ بعزم ازدواج ثابت عند النهاية العظمى حيث يتواجد دائماً ملف موازياً للفيض المغناطيسي فيتأثر بأكبر عزم ازدواج وهكذا تدور الملفات بسرعة أكبر.
- تقسيم الأسطوانة المعدنية إلى عدد من الأجزاء يساوي ضعف عدد الملفات؛ على أن يتصل طرف كل ملف بقطعتين متقابلتين من الاسطوانة المشقوقة.

المحاضرة الأولي

المحاضرة الأولى: الأميتر الحراري دوائر R-L

تمهيد

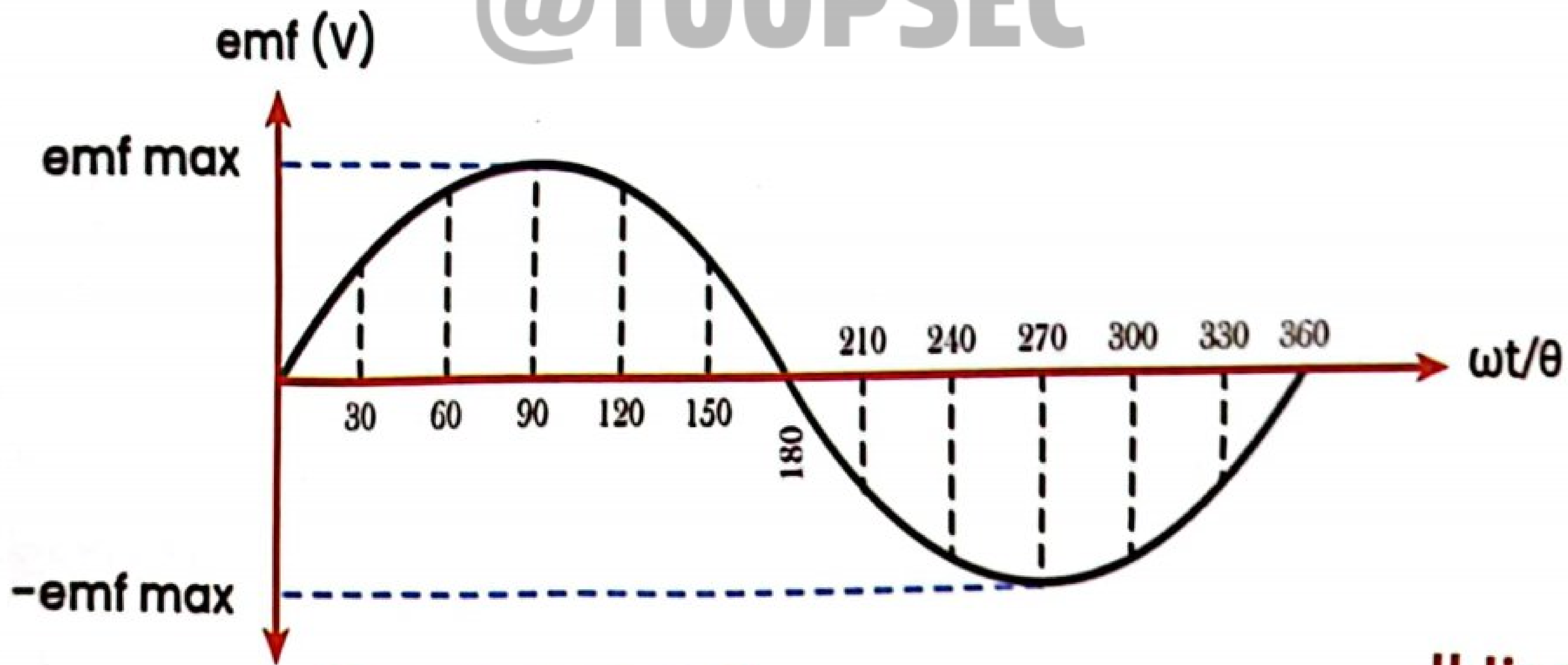
نعرف كما درسنا سابقًا أن التيار المتردد متغير الاتجاه والشدة، وينتج من المولدالكهربي البسيط حيث تُدفع الإلكترونات في اتجاهًا ما - يمينًا مثلا - ثم بعد نصف دورة يتغير اتجاهها وتُدفع يسارًا، وتستمر في تلك الحركة (كمثال المرجيحة)، وبالتالي يكون التيار المتردد متغير الاتجاه، ويكون متغير الشدة حيث تتحرك الإلكترونات تبعًا للمنحنى الجيبي وبذلك يكون التيار المتردد متغير الشدة والاتجاه لأن الدفع متغير الشدة والاتجاه



التيار المتردد

هو التيار الذي تتغير شدته دوريًا من الصفر إلى نهاية عظمى ثم تهبط إلى الصفر وذلك خلال نصف دورة، ثم ينعكس اتجاه التيار وتزداد شدته من الصفر إلى نهاية عظمى ثم تقل إلى الصفر، وذلك في نصف الدورة الثاني، ويتكرر بنفس الكيفية كل دورة

عرف



لاحظ !!

- في الدينامو تكون θ هي
  - الزاوية بين مستوى الملف والعمودي على المجال
  - أو الزاوية بين المجال والعمودي على الملف
  - أو الزاوية بين اتجاه حركة الملف والمجال

تردد التيار المتردد

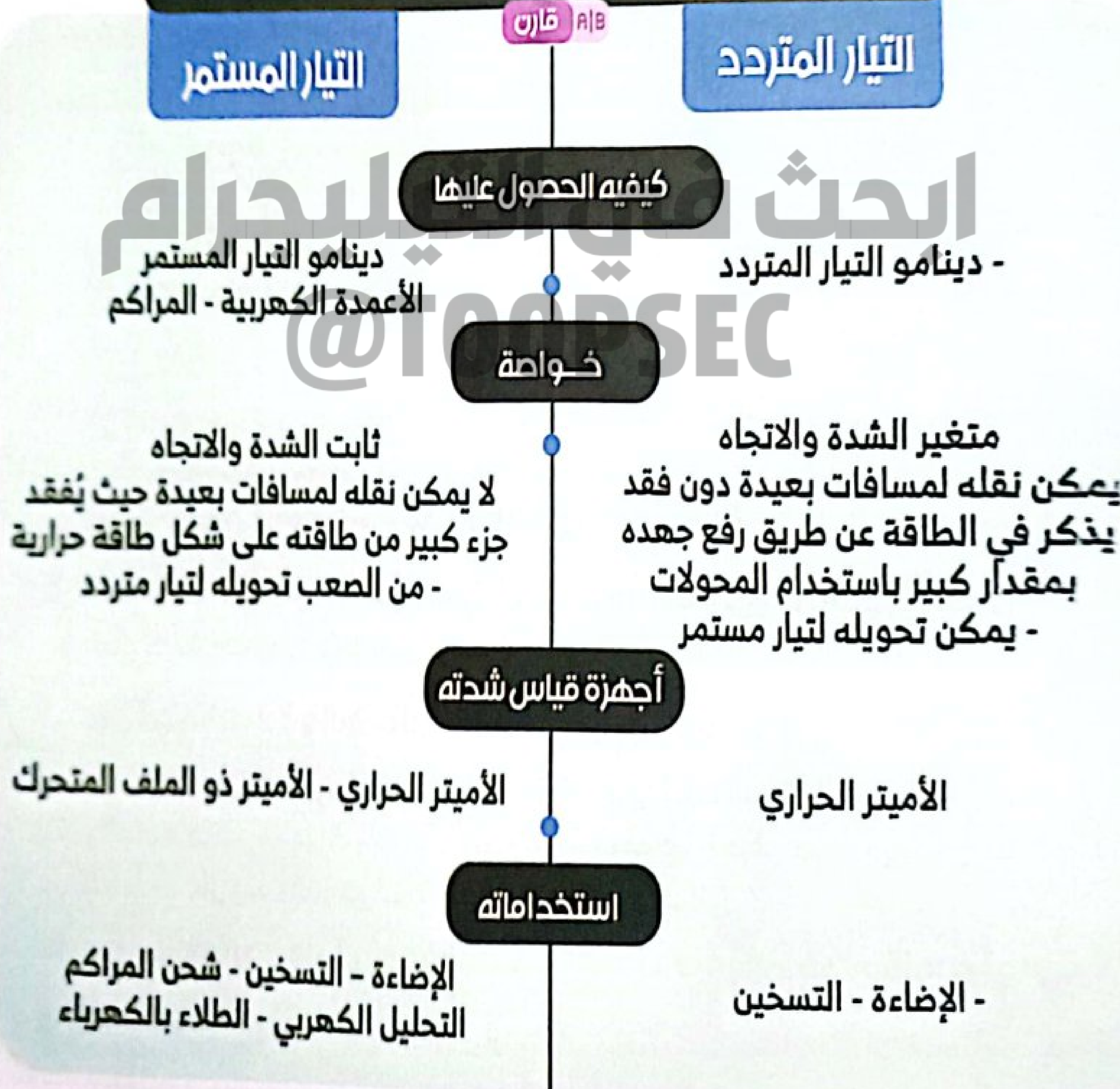
عدد الذبذبات (الدورات الكاملة - دورات الملف) التي يصنعها التيار المتردد في الثانية الواحدة

عرف

خصائص التيار المتردد

- يمكن رفع أو خفض القوة الدافعة للتيار المتردد حسب الحاجة، وذلك باستخدام المحولات الكهربية
- يمكن نقل الطاقة الكهربية المترددة من مصادر التوليد إلى أماكن الاستهلاك عبر الأسلاك لمسافات بعيدة دون فقدٍ يذكر وذلك بعد رفع جهدها باستخدام المحولات الكهربية
- يمكن تحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر
- التيار المتردد يصلح في بعض العمليات كالإضاءة والتسخين ولكن لا يصلح في بعض العمليات الأخرى كالتحليل الكهربائي والطلاء بالكهرباء (حيث يستخدم فيها التيار المستمر)
- لكل من التيار المتردد والتيار المستمر تأثير حراري عند مرورهما في مقاومة أومية حيث أن التأثير الحراري لا يتوقف على اتجاه التيار

مقارنة بين التيار المتردد والتيار المستمر



قارن A|B

	التيار المتردد	التيار المستمر
كيفيه الحصول عليها	- دينامو التيار المتردد	دينامو التيار المستمر الأعمدة الكهربية - المراكم
خواصة	متغير الشدة والاتجاه يمكن نقله لمسافات بعيدة دون فقد يذكر في الطاقة عن طريق رفع جهده بمقدار كبير باستخدام المحولات - يمكن تحويله لتيار مستمر	ثابت الشدة والاتجاه لا يمكن نقله لمسافات بعيدة حيث يُفقد جزء كبير من طاقته على شكل طاقة حرارية - من الصعب تحويله لتيار متردد
أجهزة قياس شدته	الأميتر الحراري	الأميتر الحراري - الأميتر ذو الملف المتحرك
استخداماته	- الإضاءة - التسخين	الإضاءة - التسخين - شحن المراكم التحليل الكهربي - الطلاء بالكهرباء

تختلف شدة التيار المتردد لحظة بلحظة ؟

- بسبب اختلاف الزاوية التي يقطع بها ضلعا الملف خطوط الفيض

تتغير ق.د.ك لحظة بلحظة ؟

- بسبب اختلاف الزاوية التي يقطع بها ضلعا الملف خطوط الفيض

في هذه اللحظة لا يحدث معدل تغير في خطوط الفيض وتكون ق.د.ك المتولدة = صفر.

في هذه اللحظة يحدث معدل تغير في خطوط الفيض وتتولد ق.د.ك.

في هذه اللحظة يحدث اكبر معدل تغير في الفيض وتكون ق.د.ك قيمة عظمى.

يتغير اتجاه ق.د.ك المتولدة في الملف كل نصف دورة ؟

لأن اتجاه حركة كل ضلع من ضلعي الملف ينعكس كل نصف دورة، فبالتالي ينعكس اتجاه تيار كل ضلع كل نصف دورة، فينعكس اتجاه التيار في الملف كله كل نصف دورة

لا يصلح الجلفانومتر ذو الملف المتحرك لقياس التيار المتردد؟

لأن الجلفانومتر يعتمد على ثبات شدة واتجاه التيار بسبب ثبات المجال المغناطيسي، والتيار المتردد يتغير اتجاهه كل نصف دورة، فإذا تم توصيله بتردد منخفض ينحرف المؤشر يمينًا ويسارًا، وإذا تم توصيله بتردد عالٍ يقف المؤشر عند الصفر بسبب القصور الذاتي.

لكل من التيار المتردد والتيار المستمر تأثير حراري عند مرورهما في مقاومة أومية ؟

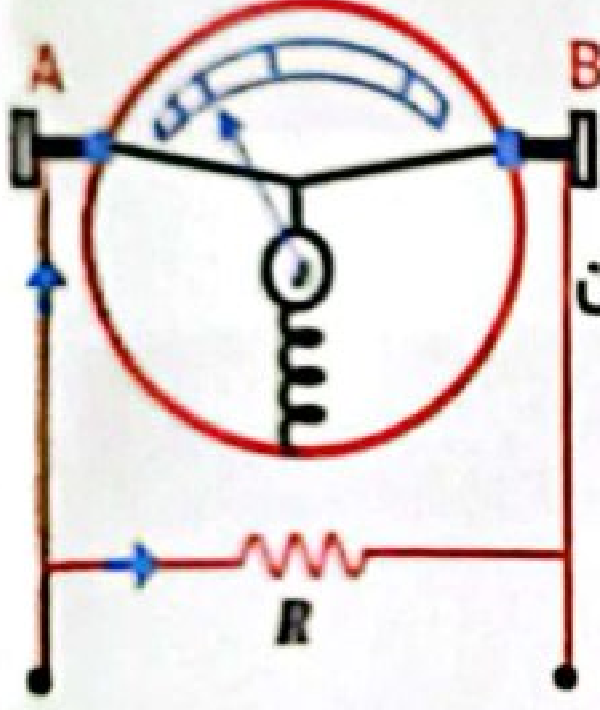
- لأن التأثير الحراري لا يعتمد على اتجاه التيار

الأساس العلمي (فكرة العمل):

التأثير الحراري للتيار الكهربي؛ حيث يولد التيار الكهربي - المتردد أو المستمر - عند مروره في مقاومة أومية لفترة زمنية معينة كمية من الحرارة يتوقف مقدارها على القيمة الفعالة للتيار المار

التوصيل في الدائرة الكهربية:

يوصل على التوالي في الدائرة الكهربية؛ حتى يمر به التيار المراد قياس شدته



التركيب:

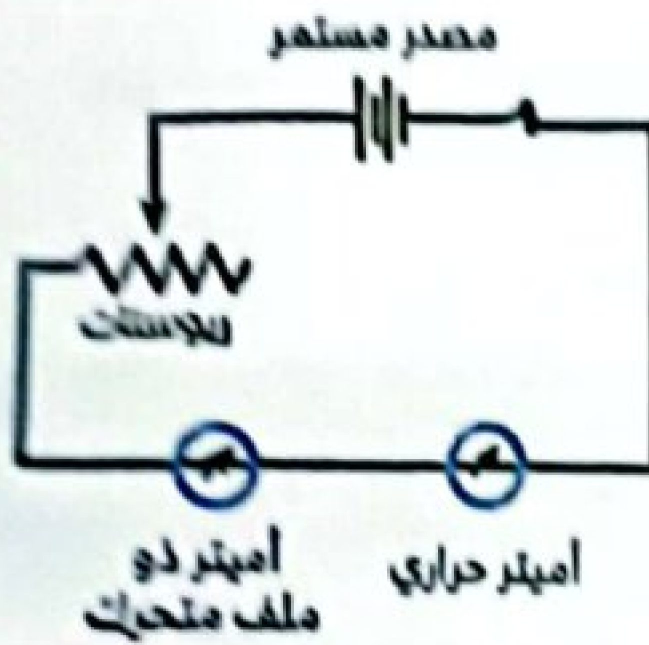
(1) سلك رفيع مشدود بين المسمارين A , B مصنوع من سبيكة الإيريديوم والبلاتين
(2) مثبت عند منتصفه طرف خيط حرير، ويلف لفة واحدة حول بكرة ملساء
(3) يُشد خيط الحرير بواسطة زنبرك مثبت في الجدار ومشدود دائمًا
(4) يثبت على البكرة مؤشر يتحرك طرفه أمام تدريج غير منتظم لقياس شدة التيار
(5) يوصل سلك الإيريديوم البلاتيني بمقاومة R على التوازي تُستخدم كمجزئ للتيار

شرح فكرة العمل:

(1) عند مرور التيار المراد قياسه في سلك الأيريديوم البلاتيني تتولد فيه كمية من الحرارة فيسخن ويتمدد ويرتخي
(2) يقوم خيط الحرير بشد السلك فتدور البكرة والمؤشر الذي يتحرك على التدريج
(3) ثم يثبت المؤشر عندما تثبت درجة حرارة سلك الإيريديوم البلاتيني ويقف تمدده، وتؤخذ قراءة التدريج عندئذ، ويحدث ذلك عندما يتساوى معدل كمية الحرارة المتولدة في السلك في زمن معين مع كمية الحرارة المفقودة منه في نفس الزمن: فتثبت درجة حرارته ويقف تمدده
(4) ويدل التدريج الذي يثبت عنده طرف المؤشر على القيمة الفعالة للتيار المتردد
(5) عند قطع التيار عن الدائرة يبرد السلك تدريجياً وينكمش فيجذب خيط الحرير ليعود المؤشر ببطء لصفر التدريج

معايرة الأميتر الحراري

- يُدرَّج الأميتر الحراري بمقارنته بالأميتر ذي الملف المتحرك عندما يُوصلان معاً على التوالي في دائرة تحتوي على مصدر تيار مستمر وريوستات، حيث يمرر فيهما نفس التيار المستمر



عيوب الأميتر الحراري

- يتحرك مؤشره ببطء حتى يثبت، كما أنه يعود إلى الصفر ببطء بعد قطع التيار عنه
- تأثر سلك الإيريديوم البلاتيني بحرارة الجو ارتفاعًا وانخفاضًا، وذلك يسبب خطأ في دلالة الأميتر (الخطأ الصفري)

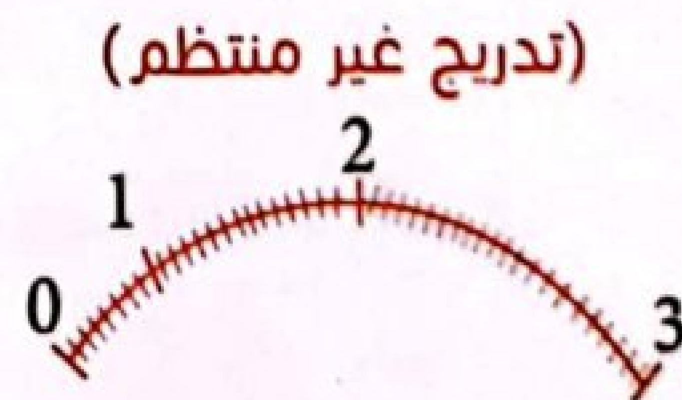
- للتغلب على هذا العيب: يُشد السلك على لوحة من مادة لها نفس معامل التمدد الحراري للسلك مع عزله عنها

التدريج:

$P_w = I^2R =$ معدل استنفاذ الطاقة الكهربية $=$ معدل إكتساب الطاقة الحرارية α θ زاوية إنحراف مؤشر الأميتر الحراري

$\therefore \theta \, \alpha \, I^2_{\text{حراري}}$

(تدريج غير منتظم)



كلما نبتعد عن الصفر تتباعد أقسام التدريج (وذلك على عكس الأوميتر حيث كلما ابتعدنا عن الصفر تتقارب الأقسام)

علل

...صنع السلك المشدود بين المسمارين A , B من سبيكة الإيريديوم البلاتيني؟

...حتى يسخن ويتمدد بمقدار محسوس عند مرور التيار الكهربي فيه.

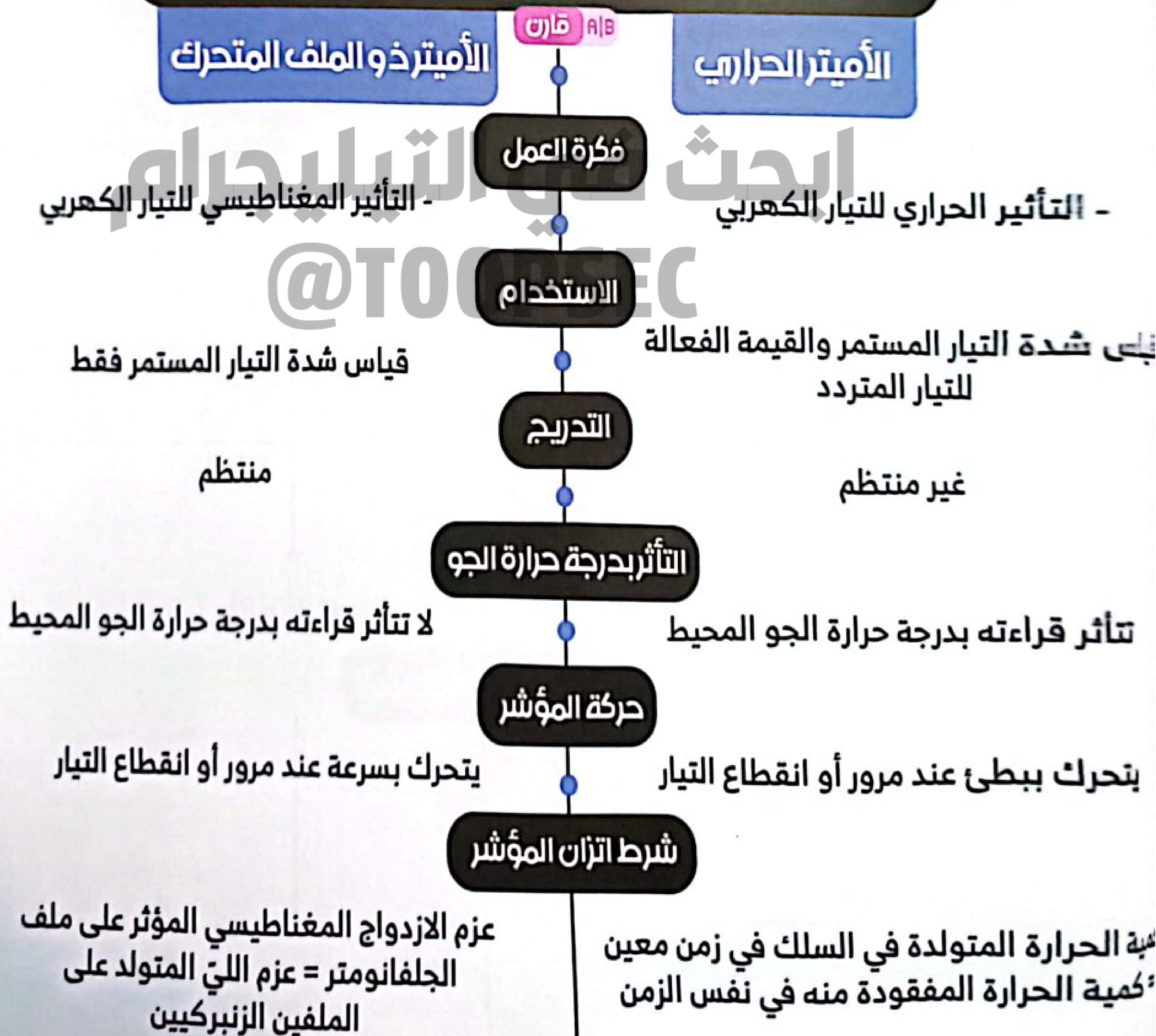
...دريج الجلفانومتر ذي الملف المتحرك منتظم بينما تدريج الأميتر الحراري غير منتظم؟

...في الجلفانومتر $\theta \propto \tau \leftarrow \theta \propto BIAN$ ، فتكون $\theta \propto I$ ، بينما في الأميتر الحراري يكون معدل التغير في كمية ...لحرارة المتولدة في السلك $\theta \propto \frac{\Delta Q_{th}}{\Delta t} \leftarrow \theta \propto \frac{W}{t}$ أي أن $\theta \propto P_w \leftarrow$ أي أن $\theta \propto I^2R$ إذن $\theta \propto I^2$
...لك التدريج غير منتظم.

...دريج الأميتر الحراري غير منتظم، وأقسامه ليست متساوية بل يزداد اتساعها كلما ...زادت شدة التيار؟

...كمية الحرارة المتولدة في السلك خلال زمن معين تتناسب طرديًا مع مربع شدة التيار المار به (I^2)، فمثلاً إذا ...ت شدة التيار للضعف زادت كمية الحرارة المتولدة إلى أربعة أمثالها، وإذا زادت شدة التيار إلى 3 أمثالها زادت ...مية الحرارة المتولدة إلى تسع أمثالها، وهكذا.

مقارنة بين الأميتر الحراري والأميتر ذو الملف المتحرك


قارن A|B

وجه المقارنة	الأميتر الحراري	الأميتر ذو الملف المتحرك
فكرة العمل	- التأثير الحراري للتيار الكهربي	- التأثير المغناطيسي للتيار الكهربي
الاستخدام	...ياس شدة التيار المستمر والقيمة الفعالة للتيار المتردد	قياس شدة التيار المستمر فقط
التدريج	غير منتظم	منتظم
التأثر بدرجة حرارة الجو	تتأثر قراءته بدرجة حرارة الجو المحيط	لا تتأثر قراءته بدرجة حرارة الجو المحيط
حركة المؤشر	يتحرك ببطء عند مرور أو انقطاع التيار	يتحرك بسرعة عند مرور أو انقطاع التيار
شرط اتزان المؤشر	...مية الحرارة المتولدة في السلك في زمن معين = كمية الحرارة المفقودة منه في نفس الزمن	عزم الازدواج المغناطيسي المؤثر على ملف الجلفانومتر = عزم اللي المتولد على الملفين الزنبركيين

تذكر!!

$$I = I_{max} \sin(\theta)$$

$$I = I_{max} \sin(\omega t)$$

$$I = I_{max} \sin(2\pi f.t)$$

Sin(360f.t)

$\pi = 180$

بالتقدير الستيني · Deg

$$emf = emf_{max} \sin(\theta)$$

$$emf = NBA\omega \sin(\omega t)$$

$$emf = NBA(2\pi f) \sin(2\pi f.t)$$

$\pi = \frac{22}{7}$

Sin(360f.t)

$\pi = 180$

بالتقدير الستيني · Deg

ω

(rad/sec)

$$\omega = \frac{\theta}{t} \cdot \frac{\pi}{180} \rightarrow \omega = \frac{360^\circ}{T} \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$$

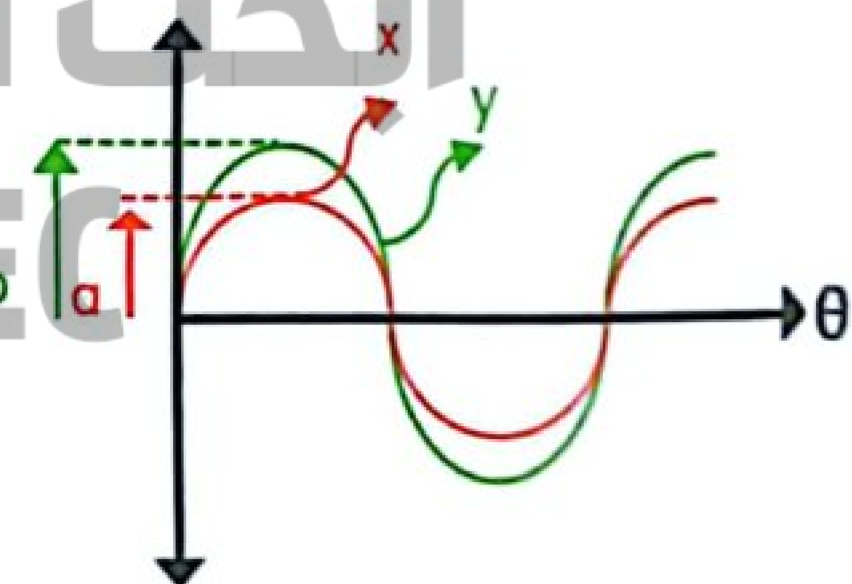
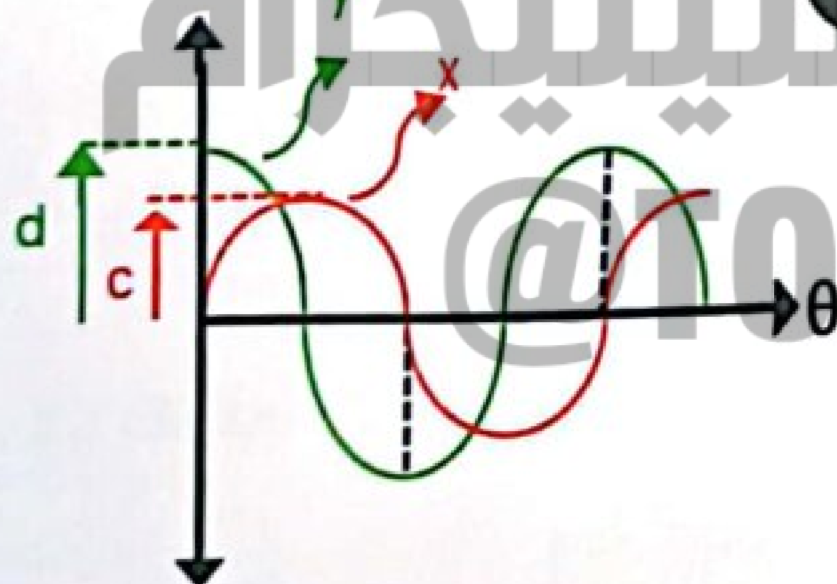
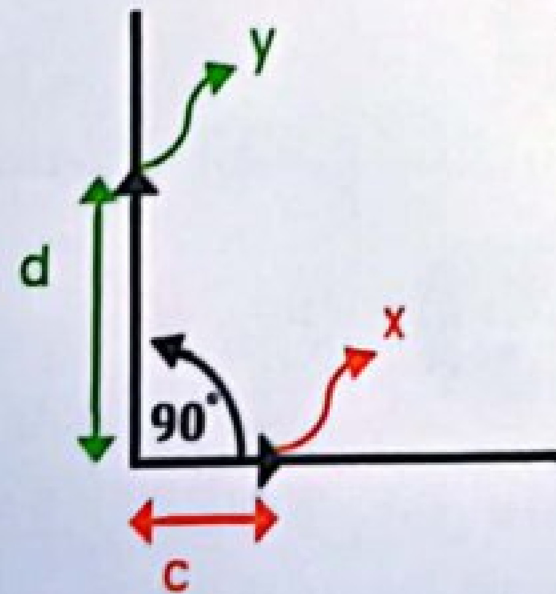
$$\omega = 2\pi f \leftarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$$

(deg/sec)

$$\omega = \frac{\theta}{t} \rightarrow \omega = \frac{360^\circ}{T}$$

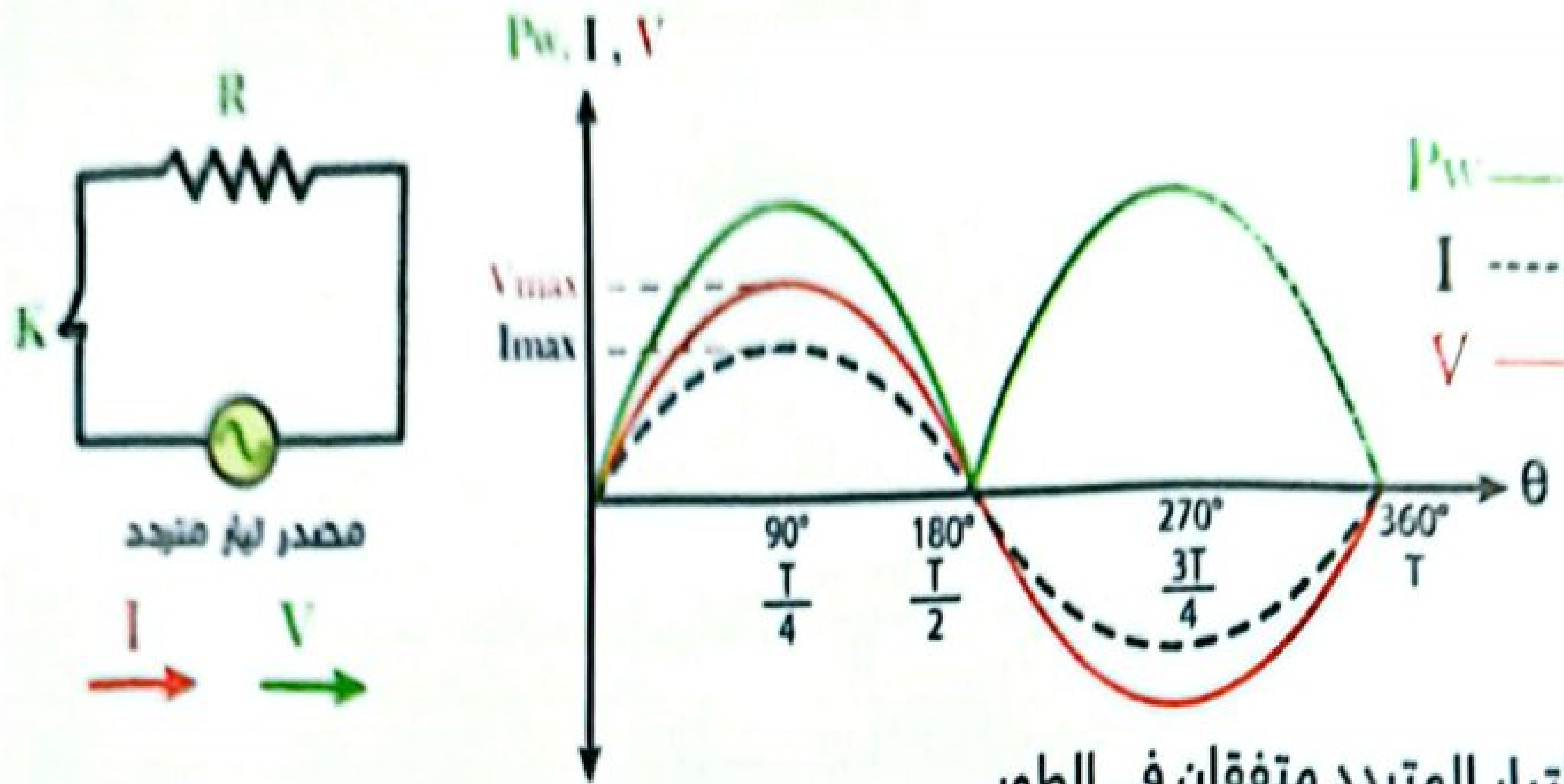
$$\omega = 360f$$

مقارنة فرق الطور

الاتفاق في الطور		الاختلاف في الطور
	رسم الموجات	
$X = a\sin(\theta),\ Y = b\sin(\theta),\ b > a$		$X = c\sin(\theta)\ \ Y = d\sin(\theta + 90^\circ),\ d > c$
	المتجهات الطورية	

دوائر التيار المتردد

دائرة (١) ..دائرة تيار متردد في مقاومة أومية عديمة الحث

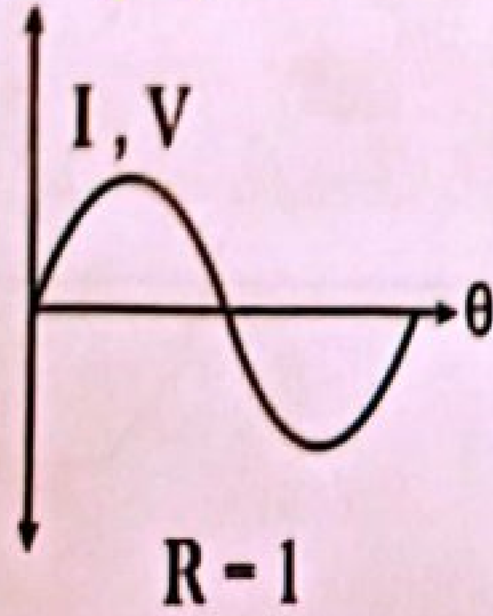


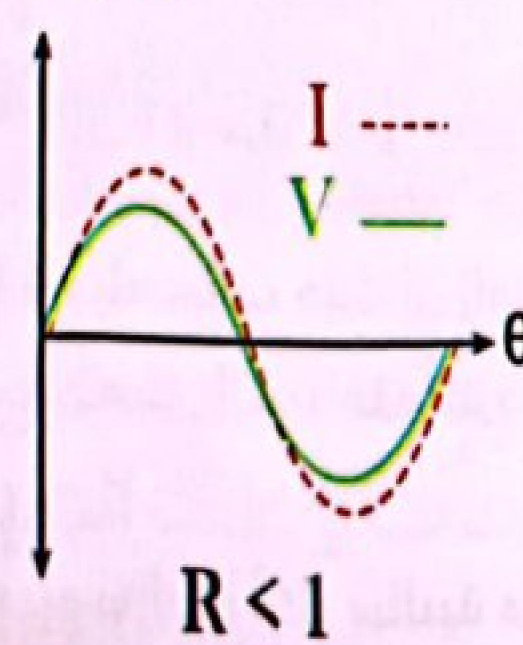
- نجد أن الجهد والتيار المتردد متفقان في الطور.
- المقاومة لا تتأثر بالتردد.
- يتم استهلاك قدرة في المقاومة الأومية بسبب احتكاك الإلكترونات بجزيئات الموصل.
- منحنى القدرة: القدرة دائماً موجبة.

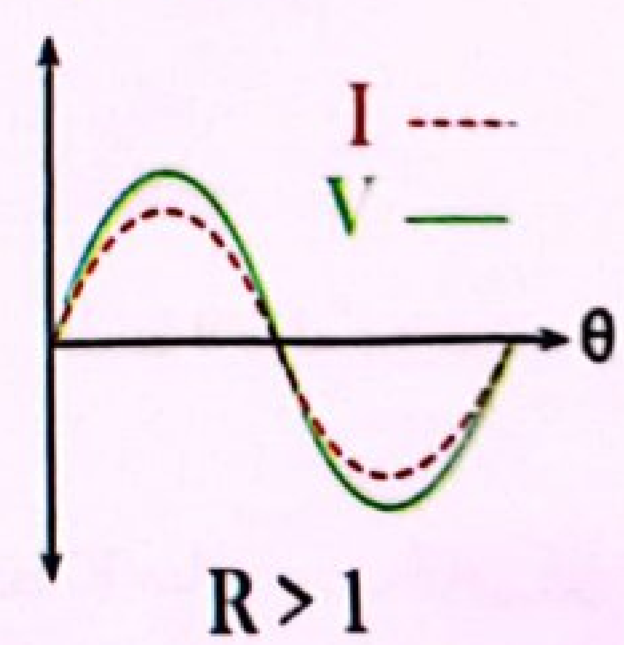
ملاحظات!!

عندما تكون:

R > 1	R < 1	R = 1
	∵ V = IR	
V > I	V < I	I = V







١٢ علل

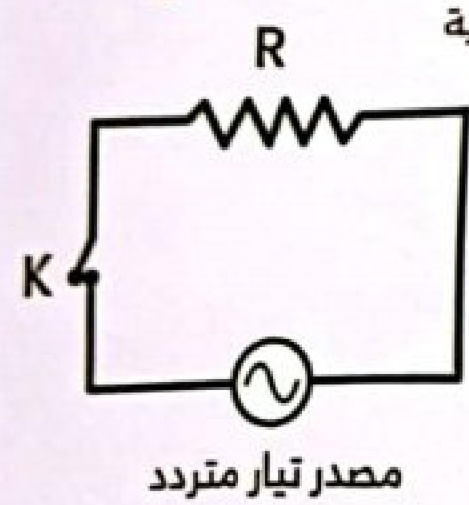
عند توصيل دائرة كهربية بها مصدر متردد على التوالي مع مقاومة عديمة الحث فإن الجهد والتيار لهم نفس الطور

$V = V_{max} \sin(\omega t)$ .... (1)

حيث

- (V) القيمة اللحظية لفرق الجهد
- (V_{max}) القيمة العظمى لفرق الجهد
- (θ) زاوية الطور ($\omega t = \theta$)
- (ω) السرعة الزاوية ($\omega = 2\pi f$)

يجب الرسم عند كتابة الاستنتاج



طبقاً لقانون أوم تتعين شدة التيار اللحظية من العلاقة:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V_{max}}{R} \sin(\omega t)$$

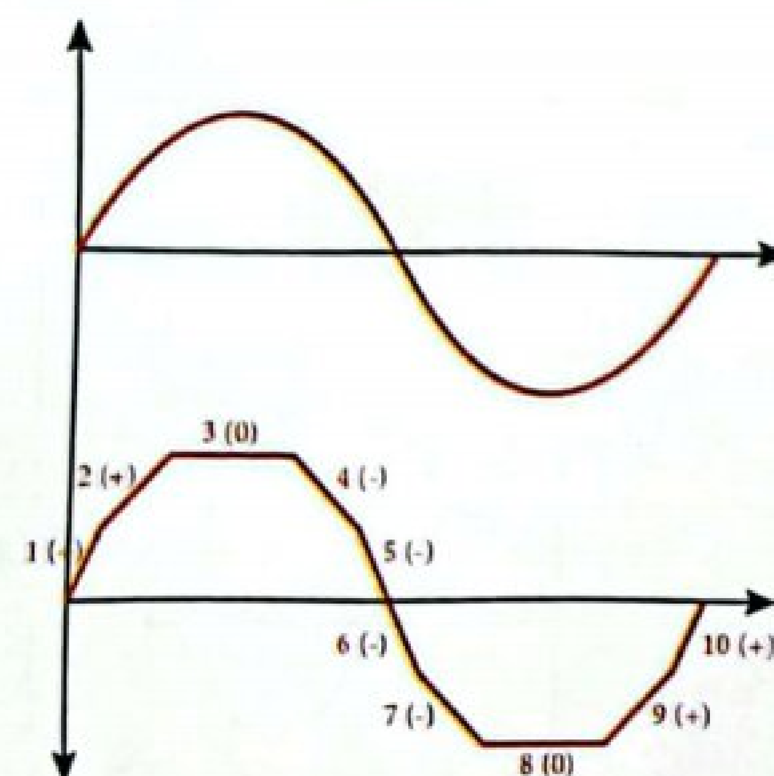
$$\therefore I = I_{max} \sin(\omega t) \text{ .... (2)}$$

وبمقارنة المعادلتين (2) , (1) نجد أن كل من V, I في مقاومة عديمة الحث تزداد قيمتهما معاً حتى يصلا إلى القيمة العظمى ثم يهبطان للصفر معاً، أي أن فرق الجهد وشدة التيار في مقاومة عديمة الحث متفقان في الطور.

<< يمكن تمثيل التيار وفرق الجهد في مقاومة أومية عديمة الحث بمتجهين لهما نفس الاتجاه>>

I V (حيث R أكبر من 1)

الميـل



في النصف الأول

الخط 1 ميله tan(θ) (أكبر ميل) موجب.

الخط 2 ميله موجب ولكنه أقل ميلاً من 1 نظرًا لصغر الزاوية.

الخط 3 ميله صفر

الخط 4 ميله سالب حيث إن زاوية ميله على محور السينات منفرجة.

الخط 5 ميله سالب (أكثر سالبية من 4).

في النصف الثاني

الخط 6 ما زال ميله سالبًا مثل 5.

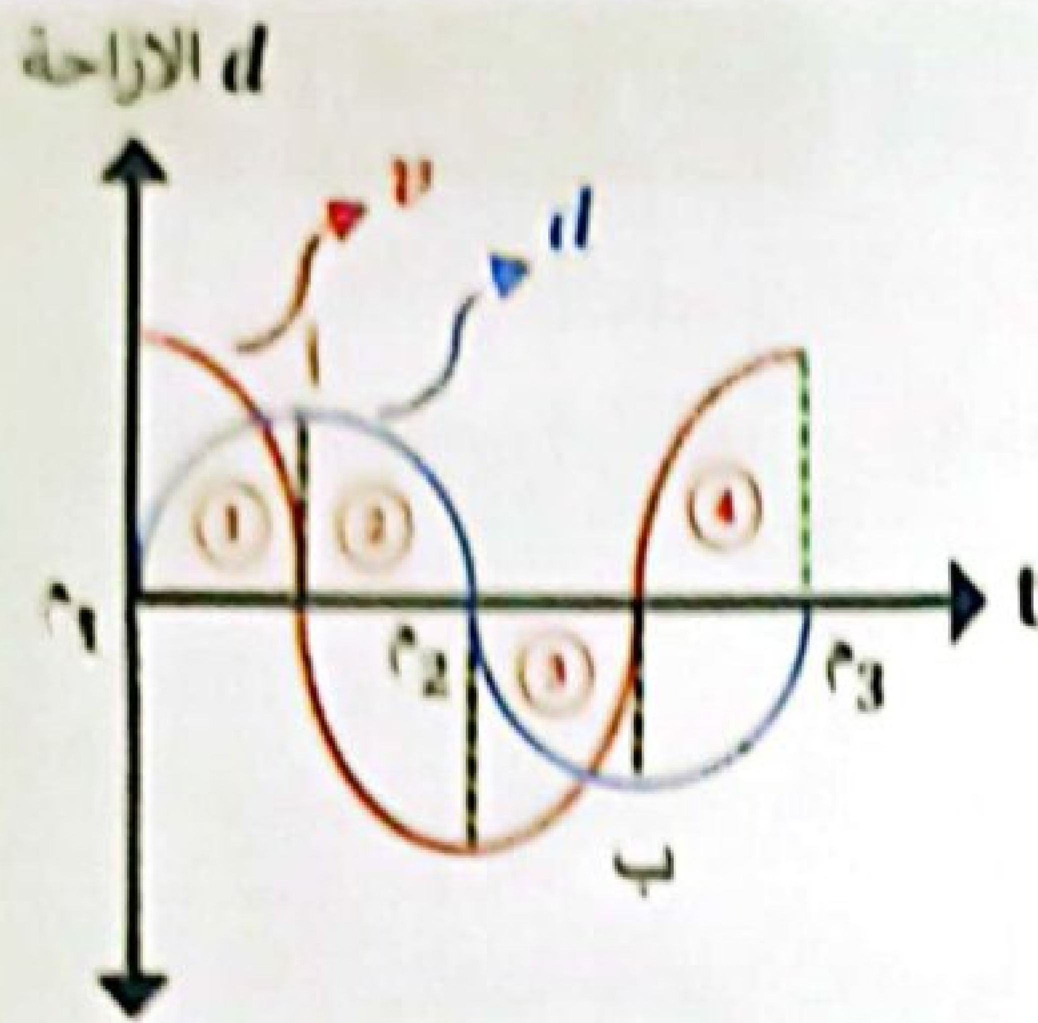
الخط 7 أقل سالبية.

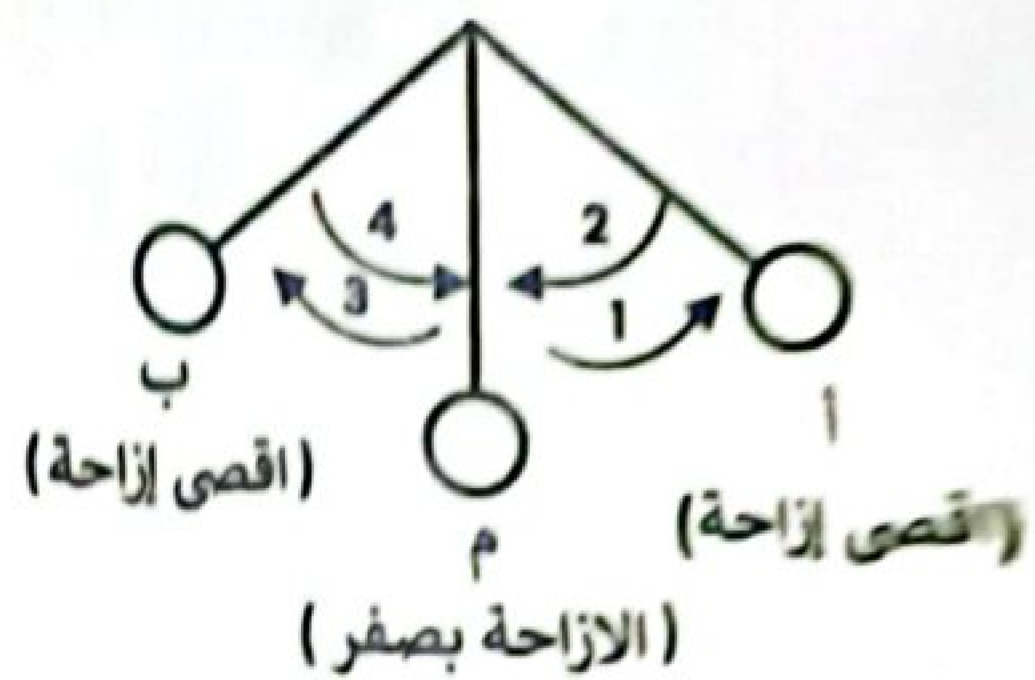
الخط 8 ميله صفر.

الخط 9 ميله موجب.

الخط 10 ميله موجب أكبر من 9.

البندول (للتوضيح)





"م" تكون الإزاحة 0 = d ثم عند " أ " تزداد الإزاحة وتصل إلى أقصى قيمة وكذلك عند النقطة "ب" من ... الإزاحة ← ارسم منحنى السرعة: $V = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ = Slope

- عند النقطة "م1" يكون الميل موجب وأكبر ما يمكن فتكون V موجبة وأكبر ما يمكن.
- ثم يقل ميل المنحنى ليصل للصفر عند النقطة " أ " فتكون V عند النقطة " أ " بصفر.

ثم في الربع الثاني (من " أ " إلى "م2") يزداد الميل ولكن سالب فتزداد أيضًا V في الجزء السالب حتى تصل إلى "م2".

ثم في الربع الثالث ما زال الميل سالبًا ولكن يقل إلى أن يصل للصفر عند النقطة "ب" وكذلك V تقل في الجزء السالب إلى أن تصل للصفر عند النقطة "ب".

وفي الربع الرابع يزداد الميل ويكون موجبًا إلى أن يصل إلى "م3" وبالتالي تزداد V وتكون موجبة تصل إلى أقصى قيمة عند "م3".

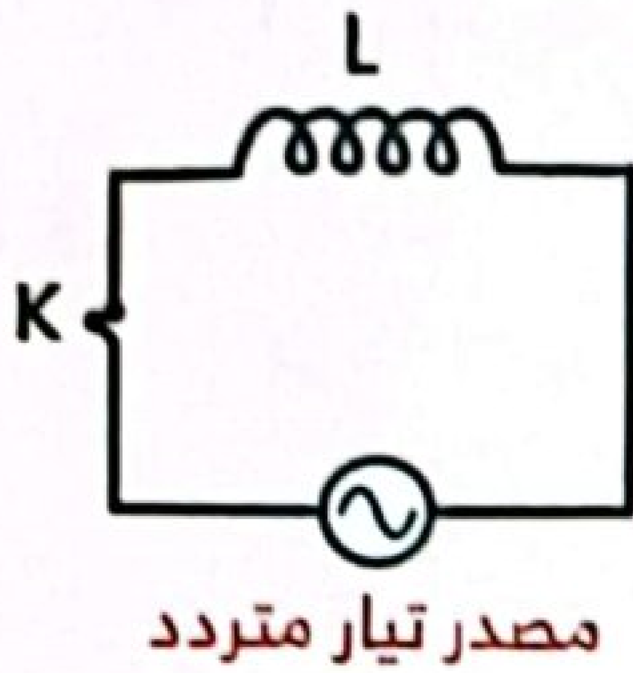
من البندول نستنتج أن السرعة V والإزاحة d متغيران بشكل جيبي ولكنهما غير متفقان في الطور حيث إن السرعة تختلف في الطور مع الإزاحة بـ °90

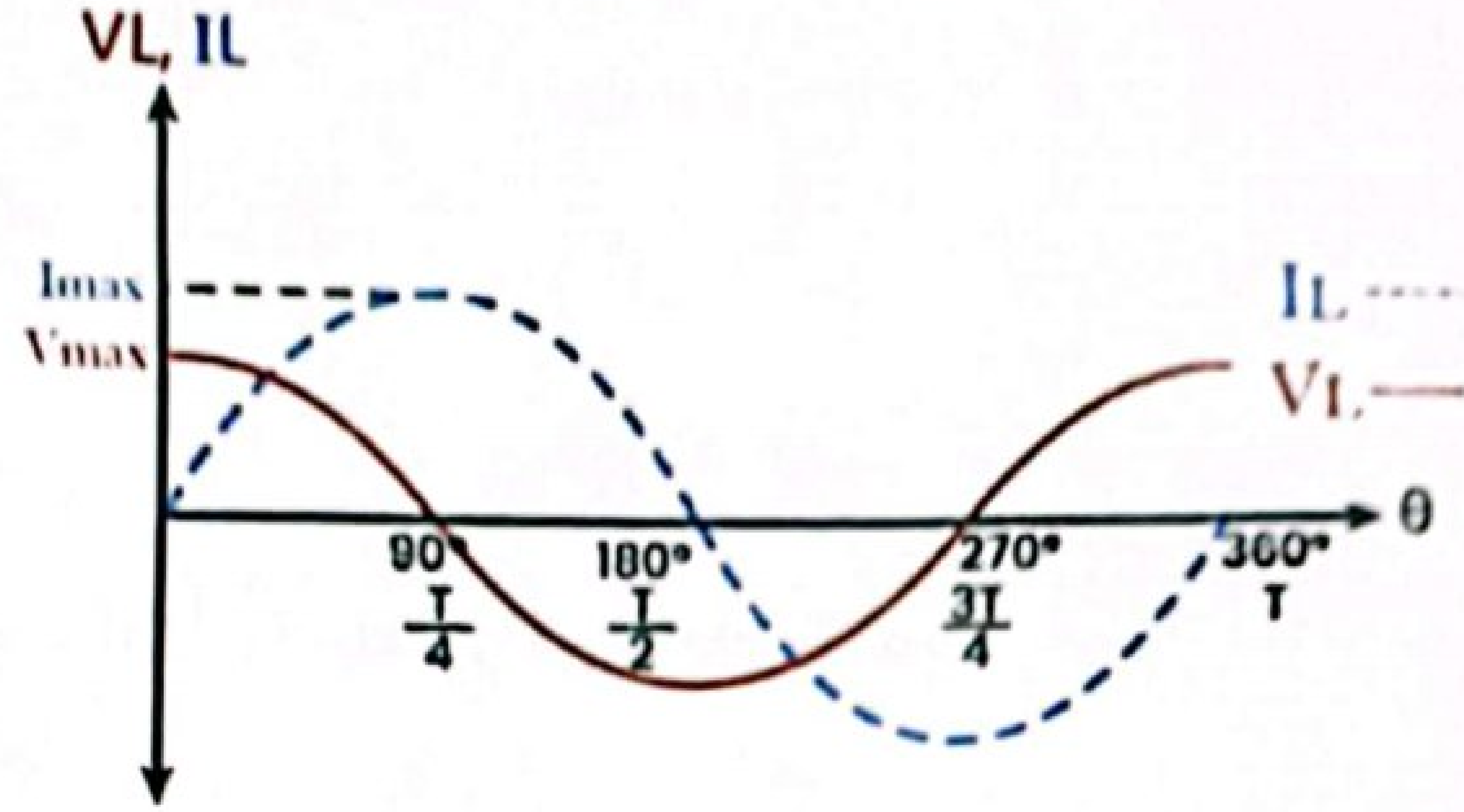
إذا ما كنت ذا قلب قنوع
فأنت ومالك الدنيا سواء
- الشافعي

دائــرة (٢)

دائرة تيار متردد مع ملف حث عديم المقاومة الأومية (نقي)

" ملف حث نقي أي أن مقاومته الأومية صغيرة لدرجة يمكن إهمالها (ملف حث R = 0) "





عند توصيل ملف حث عديم المقاومة معامل حثه الذاتي L ومصدر تيار متردد ومفتاح على التوالي (كما بالشكل) يتولد قوة دافعة كهربية مستحثة تحسب قيمتها من العلاقة $\left(V_L = -L\,\frac{\Delta I_L}{\Delta t}\right)$

يكون تردد ق.د.ك العكسية مساوي لتردد المصدر أي أنها تتناسب مع معدل تغير التيار $\frac{\Delta I_L}{\Delta t}$

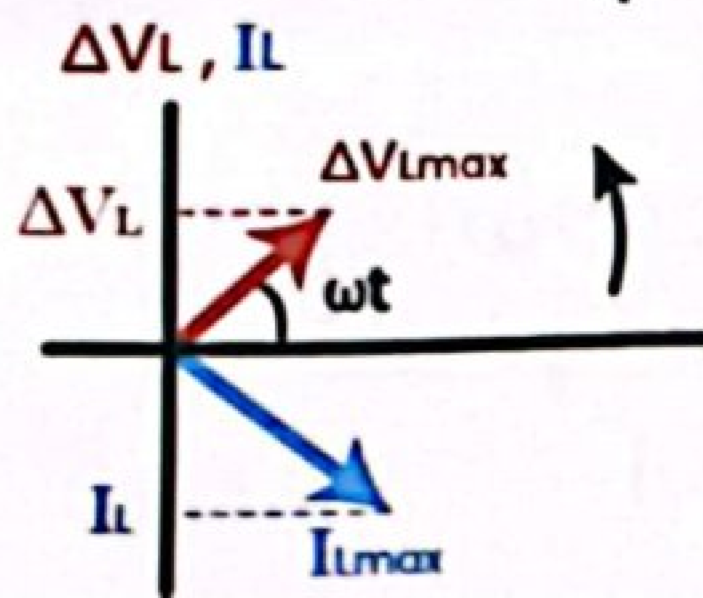
وتبعاً للعلاقة ($I_L = I_{max} \sin(\omega t)$) فإن شدة التيار تتغير مع زاوية الطور على صورة منحنى جيبي (كما بالشكل)، ويمثل ($\frac{\Delta I_L}{\Delta t}$) ميل المماس لهذا المنحنى حيث:

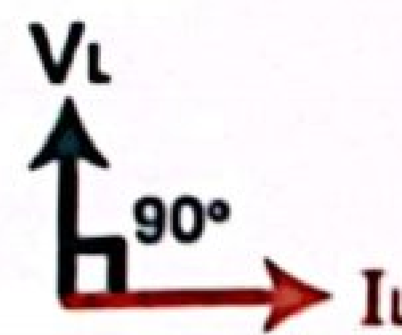
- عندما تكون قيمة شدة التيار (I_L) مساوية للصفر يكون هذا الميل نهاية عظمى وبذلك تكون قيمة فرق الجهد (V_L) نهاية عظمى.

- بزيادة شدة التيار يقل الميل تدريجياً وتقل قيمة فرق الجهد حتى تصل شدة التيار إلى القيمة العظمى فتنعدم قيمة الميل وبذلك تكون قيمة فرق الجهد مساوية للصفر.

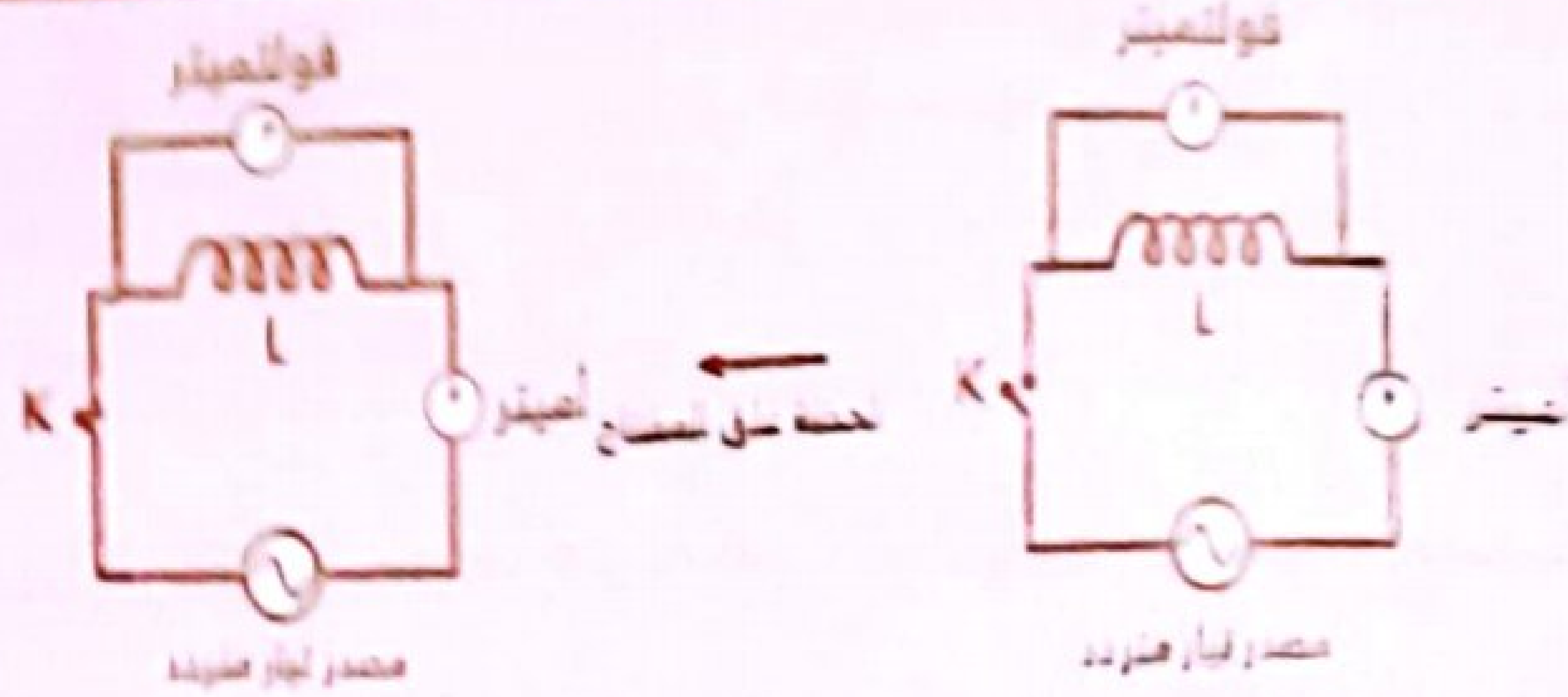
- عندما تقل شدة التيار تصبح قيمة الميل مقدارًا سالبًا وتزداد تدريجيًا فتزداد قيمة فرق الجهد في الاتجاه السالب حتى تصل إلى نهايتها العظمى عندما تصل شدة التيار للصفر.

مما سبق يتضح أن التيار يتأخر عن الجهد في الطور بمقدار $\frac{1}{4}$ دورة أي بزاوية 90° بسبب الحث الذاتي للملف.





ملحوظات!!



لحظة غلق المفتاح وجدنا أن الفولتميتر انحرف لأقصى قيمة ولكن مؤشر الأميتر لم يتحرك.

عند غلق المفتاح حدث دفع للإلكترونات فحدث رد فعل مضاد له حيث انتقل الفعل دون انتقال الجزيئات (الإلكترونات) فلم يتحرك مؤشر الأميتر "تذكر مثال البندول"، ورد الفعل ظهر في حركة مؤشر الفولتميتر إلى أقصى قيمة؛ ومن ذلك نستنتج أن V تتقدم على I في الطور بربع دورة (90°).

علل يُحدث الملف إعاقة للتيار بالرغم من أنه عديم المقاومة الأومية ؟

أولاً: لا يمكن أن نسمي الإعاقة التي يحدثها الملف للتيار بمقاومة وذلك لأن المقاومة عند مرور التيار بها يحدث فقد في الطاقة نتيجة احتكاك إلكترونات التيار بجزيئات الموصل بينما الملف عند مرور التيار فيه لا يحدث فقد في الطاقة ـ فسر.

تذكر في الفصل السابق: إذا وصلنا مصباح في دائرة بها سلك مستقيم، ثم وصلناه في دائرة بها ملف حلزوني، وجدنا أنه في حالة السلك المستقيم عند غلق المفتاح أضاء المصباح في الحال أما في حالة الملف تأخرت إضاءة المصباح ثم وصل إلى نفس القيمة العظمى للإضاءة وذلك معناه أن الملف اختزن طاقة على شكل مجال مغناطيسي محيط به وعند فتح الدائرة يقل المجال وتتحول هذه الطاقة مرة أخرى إلى طاقة كهربية أي أن الملف يختزن الطاقة عند غلق المفتاح ويُرجعها عند الفتح.

إذن: في حالة التيار المتردد، بما أن التيار المتردد تزداد شدته وتقل وتزداد و ... إذن في حالة الزيادة يختزن الملف الطاقة على شكل مجال مغناطيسي محيط به وفي حالة النقصان يُرجع الطاقة الكهربية مرة أخرى.

المفاعلة الحثية

المعاوقة التي يلقاها التيار المتردد عند مروره في الملف بسبب حثه الذاتي $X_L = \frac{V_L}{I_L} = \omega L = 2\pi f L \ (\Omega)$

عرف

لا تعتمد قيمة المفاعلة الحثية على قيمة كل من فرق الجهد بين طرفي الملف وشدة التيار المار به.

؟! علل لا تسمى ممانعة الملف بمقاومة.

لأنها تختلف عن المقاومة حيث أن الممانعة في الملف تكون بواسطة القوة الدافعة العكسية المتولده فيه فلا يتسبب الملف في فقد طاقة حيث يخزن الطاقة على شكل مجال مغناطيسي أثناء نمو التيار ويُرجعها أثناء انهيار التيار.

؟! علل يمر التيار المستمر بسهولة في الملفات.

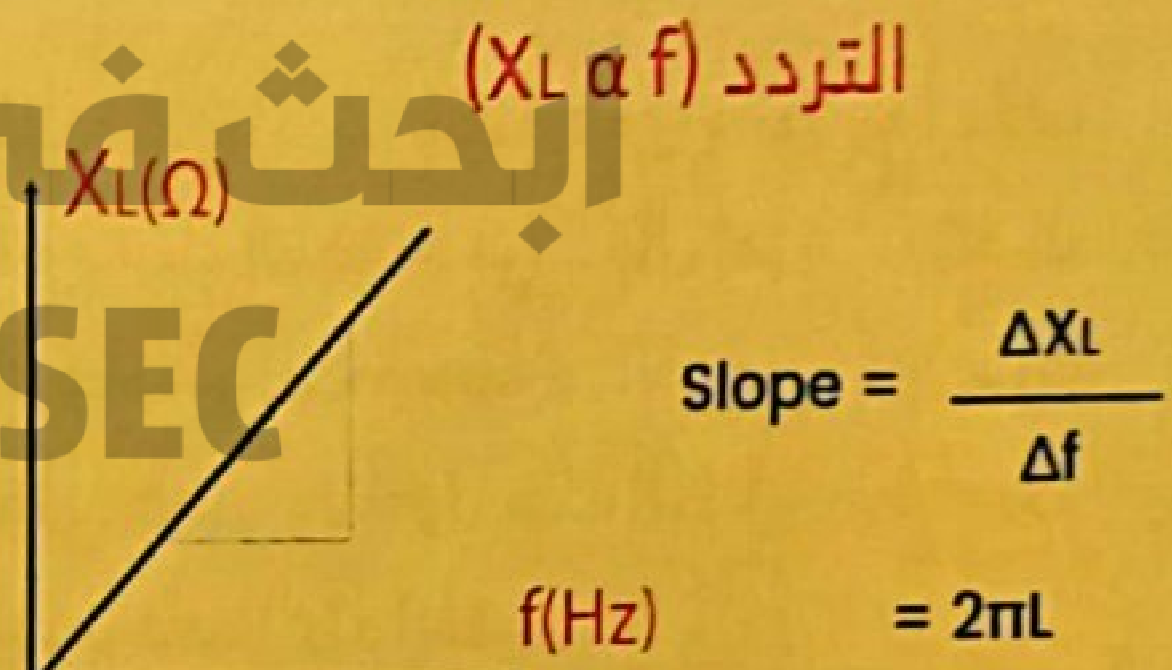
لأن التيار المستمر ثابت الشدة وموحد الاتجاه فيكون تردده f مساوياً للصفر و بالتالي تصبح قيمة المفاعلة الحثية X_L مساوية للصفر تبعًا للعلاقة $X_L = 2\pi fL$.

؟! علل يعمل الملف كمفتاح مفتوح في الترددات العالية مع ثبات جهد المصدر.

لأن المفاعلة الحثية للملف (X_L) تتناسب طردياً مع تردد المصدر (f) تبعاً العلاقة $X_L = 2\pi fL$ لذلك عندما تكون f كبيرة جدًا تكون X_L كبيرة جدًا فتمنع مرور التيار وتعتبر الدائرة مفتوحة.

العوامل التي يتوقف عليها المفاعلة الحثية XL

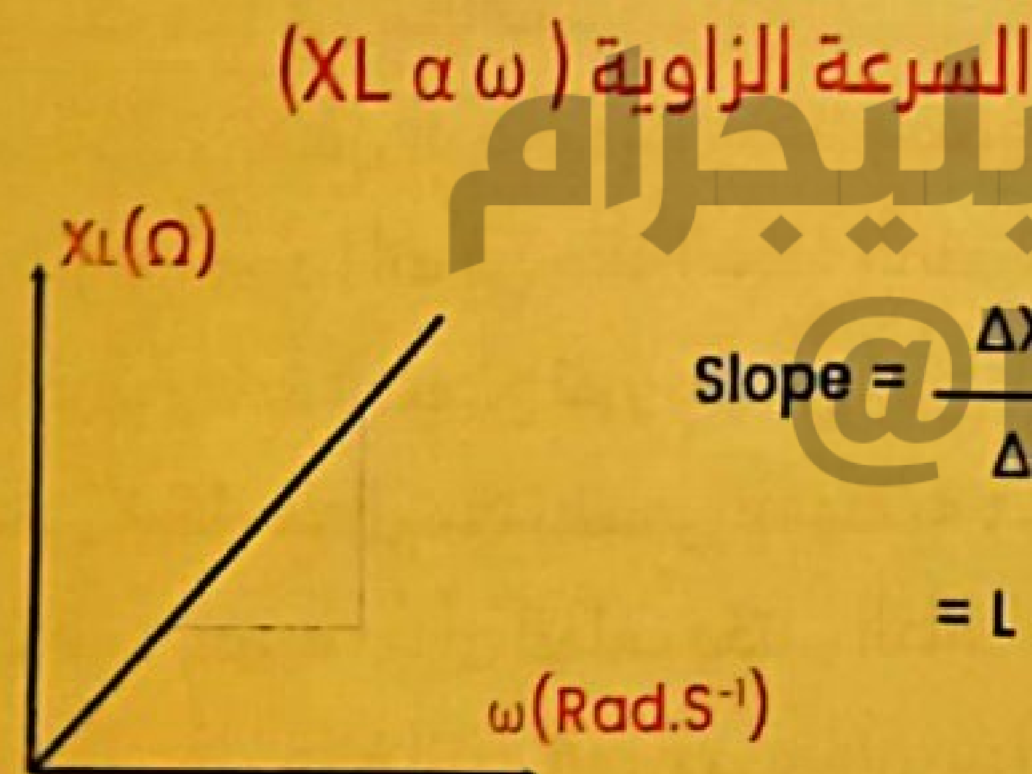
التردد ($X_L \propto f$)



$$Slope = \frac{\Delta X_L}{\Delta f} = 2\pi L$$

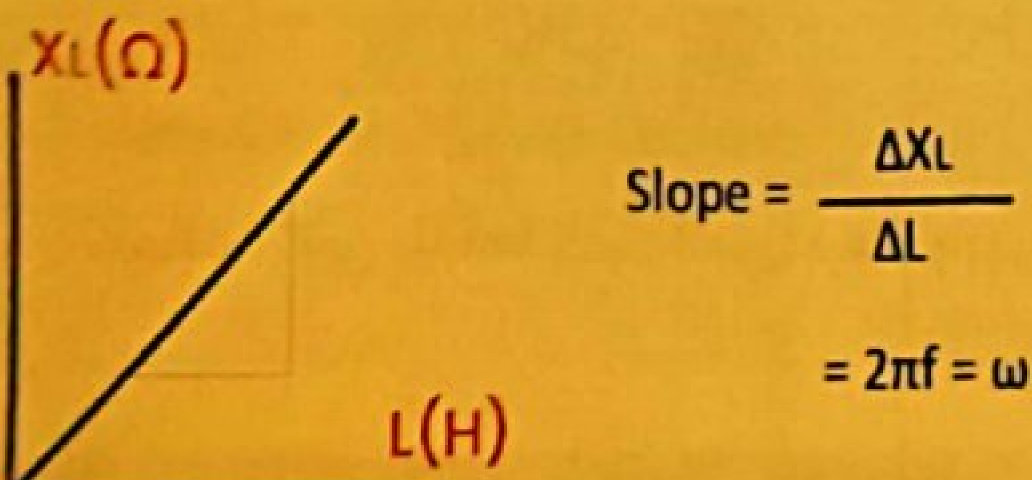
أو

السرعة الزاوية ($X_L \propto \omega$)



$$Slope = \frac{\Delta X_L}{\Delta \omega} = L$$

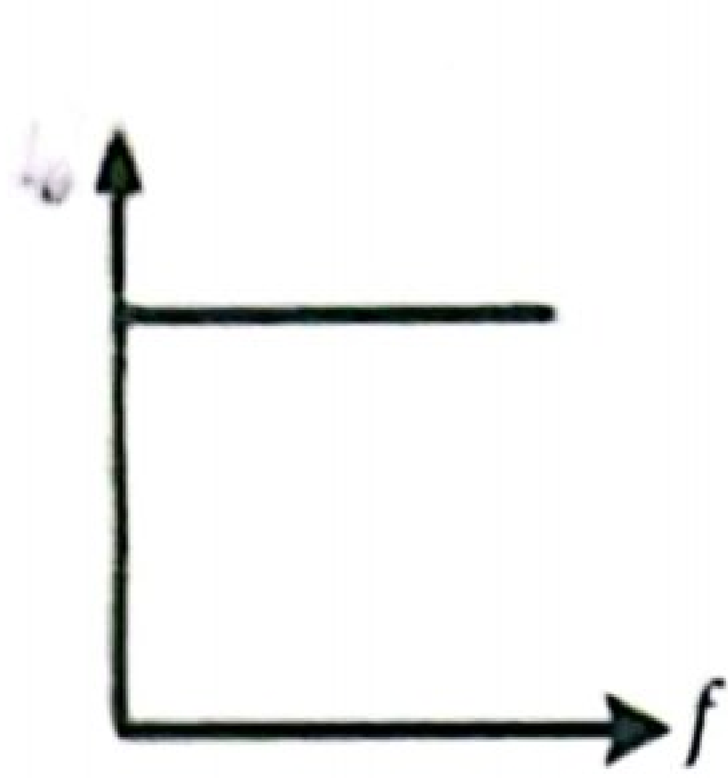
معامل الحث الذاتي للملف ($X_L \propto L$)

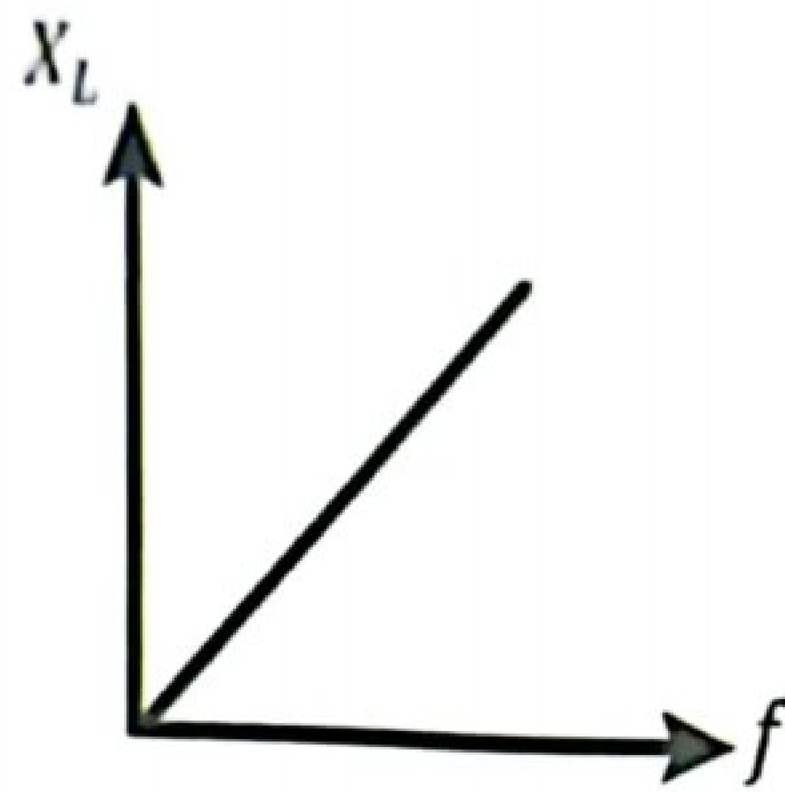


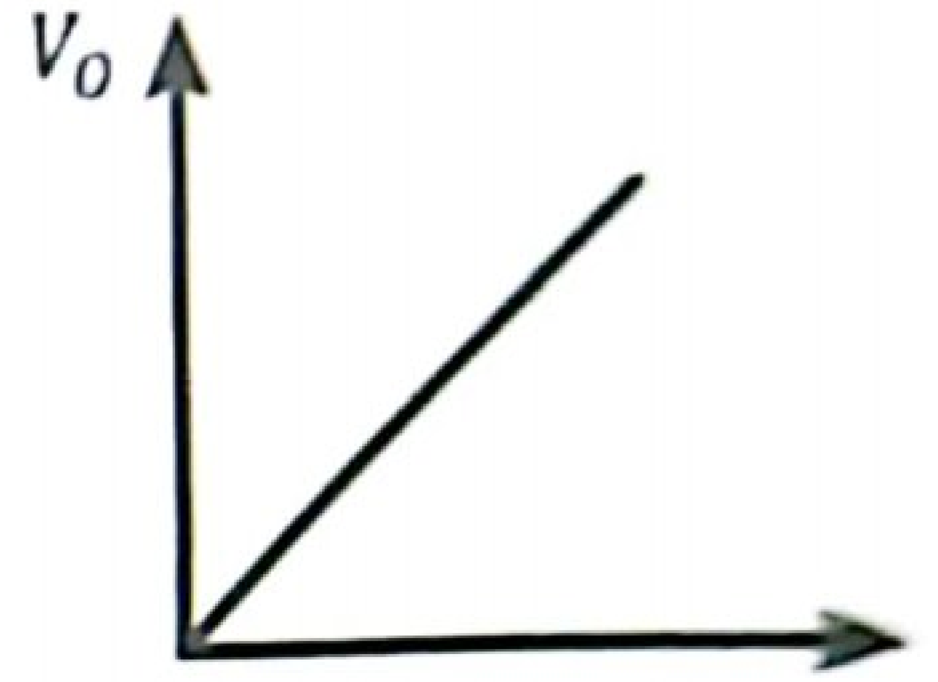
$$Slope = \frac{\Delta X_L}{\Delta L} = 2\pi f = \omega$$

تذكر: تتعين قيمة معامل الحث الذاتي لملف لولبي من العلاقة:

في تلك الدائرة إذا زاد التردد للضعف فإن XL , Vo يزداد كل منها للضعف بينما يظل I_0 ثابت.







$$I_0 = \frac{V_0}{X_L} = \frac{NBA2\pi f}{2\pi f L}$$

$$X_L = 2\pi f L$$

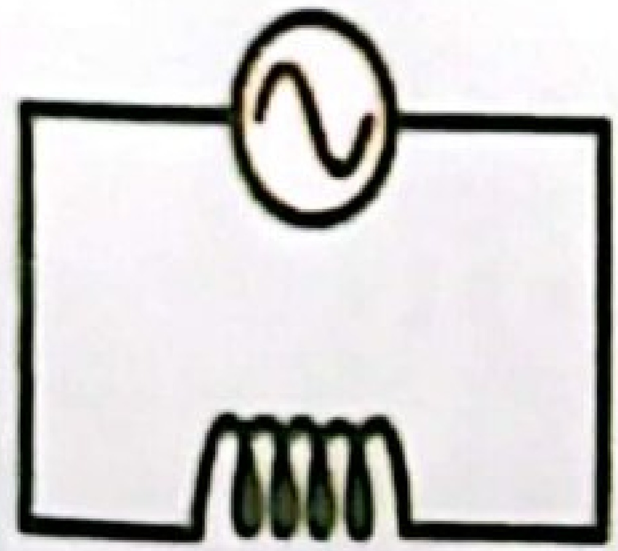
$$X_L \ \alpha \ f$$

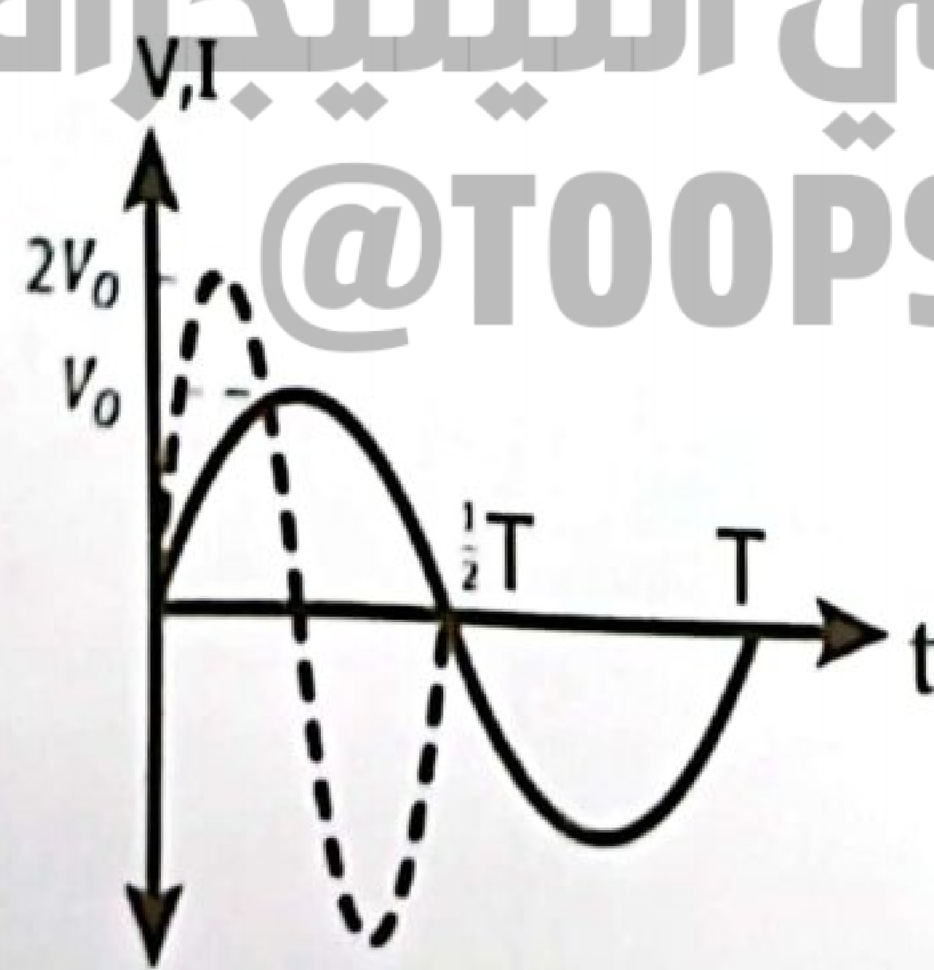
$$V_0 = NBA2\pi f$$

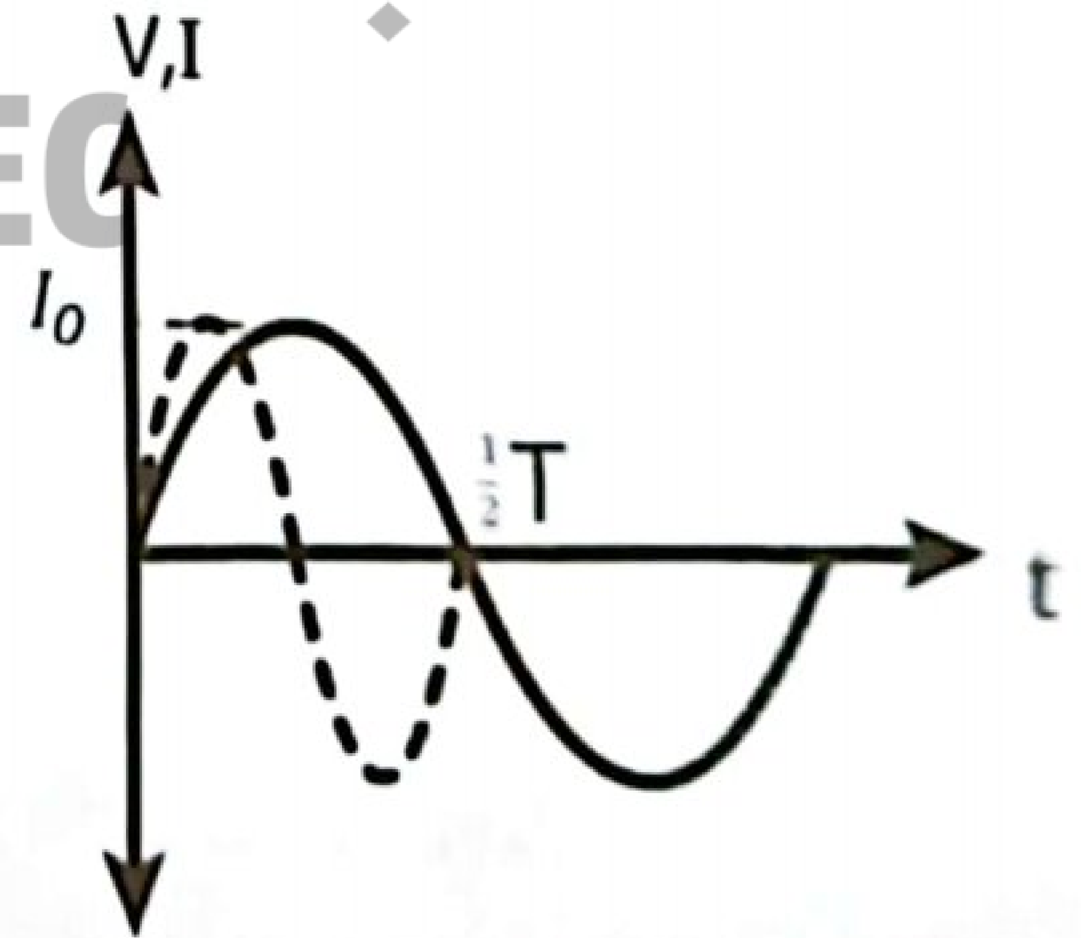
$$V_0 \ \alpha \ f$$

I_0 لا تعتمد على f

أعد الرسم بعد زيادة f للضعف:





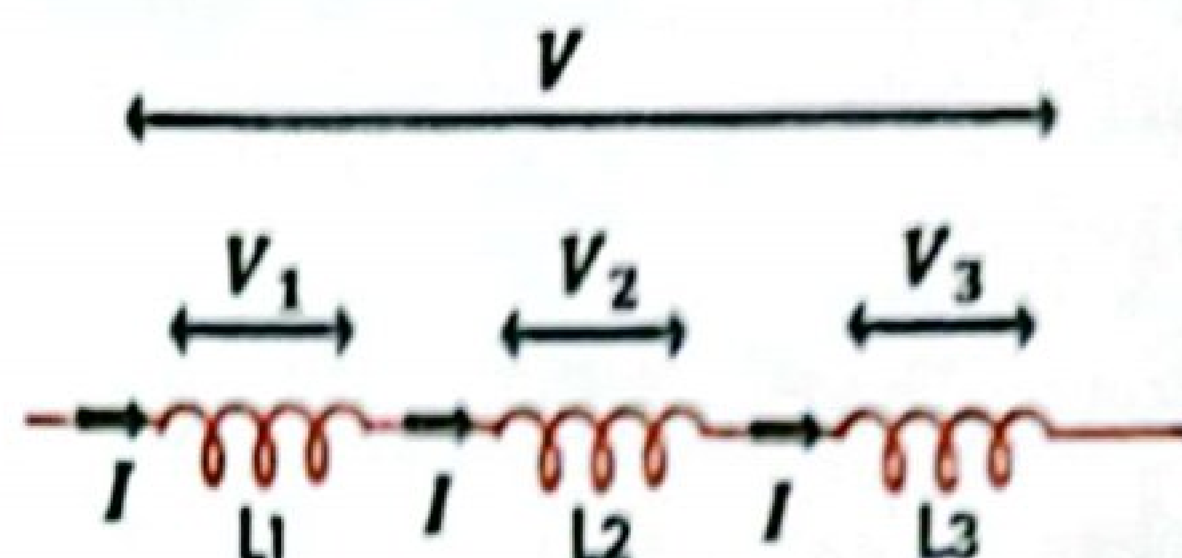


قارن بين :توصيل الملف في الدوائر الكهربية (على التوالي والتوازي)

قارن

على التوالي

شكل التواصيل



تكون شدة التيار الماره في كل ملف متساوية (I)

الاثبات

$V_L = I X_L$

$\because V_t = V_1 + V_2 + V_3$

$I X_{Lt} = I X_{L1} + I X_{L2} + I X_{L3}$

$\therefore X_{Lt} = X_{L1} + X_{L2} + X_{L3}$

$\because X_L = \omega L$

$\therefore L_t = L_1 + L_2 + L_3$

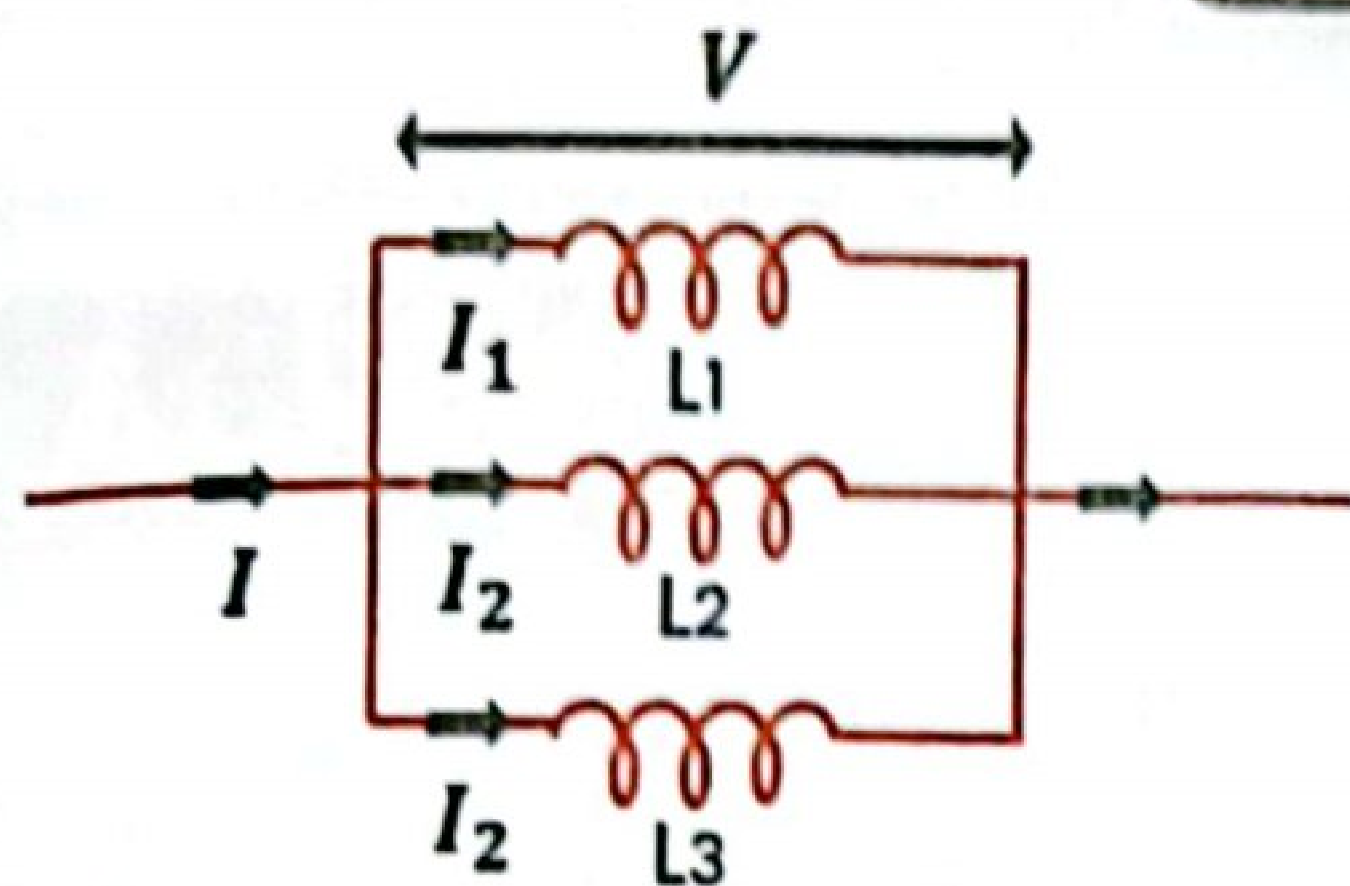
إذا كانت الملفات متساوية وعددها n

$\therefore X_{Lt} = n X_L$

$\therefore L_t = n L$

على التوازي

شكل التواصيل



يكون فرق الجهد بين طرفي كل ملف متساوي (V)

الاثبات

$I = \frac{V_L}{X_L}$

$I_t = I_1 + I_2 + I_3$

$\frac{V}{X_{Lt}} = \frac{V}{X_{L1}} + \frac{V}{X_{L2}} + \frac{V}{X_{L3}}$

$\frac{1}{X_{Lt}} = \frac{1}{X_{L1}} + \frac{1}{X_{L2}} + \frac{1}{X_{L3}}$

$\because X_L = \omega L$

$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$

إذا كانت الملفات متساوية وعددها n

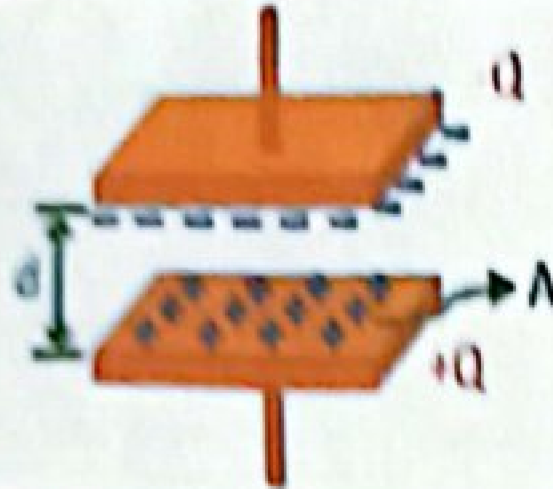
$\therefore X_{Lt} = \frac{X_L}{n}$

$\therefore L_t = \frac{L}{n}$

المحاضرة الثانية

دوائر (C - RL - RC - RLC)

المكثف الكهربي



. هناك أنواع كثيرة ولكن أبسطها هو المكثف ذو اللوحين المتوازيين، احدهما موجب الشحنة والأخر سالب الشحنة والشحنتان متساويتان.

المكثف الكهربي

هو جهاز عبارة عن لوحين معدنيين متوازيين بينهما عازل يقوم بتخزين الطاقة الكهربية (الشحنة الكهربية) وإعادة تفريغها عند الحاجة إليها على صورة مجال كهربي. عرف

لدراسة المكثف الكهربي يجب أولاً إدراك مفهوم السعة الكهربية:-

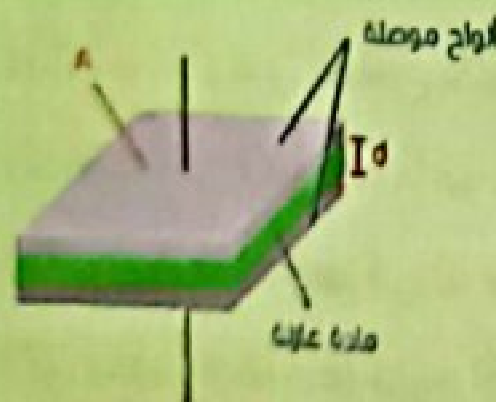
- عند شحن موصل معزول بالكهرباء فإنه يكتسب جهداً وبزيادة الجهد تزداد كمية الشحنة Q أي أن:

$Q \propto V \rightarrow Q = Const.V$

المقدار الثابت يسمى سعة المكثف وهو العامل الأخر الذي تتوقف عليه الشحنة الكهربية وهو مقدار ثابت يميز المكثف نفسه يسمى السعة الكهربية له "C".

$Q = C.V \rightarrow C = \frac{Q}{V}$ الفاراد - $[F] = \frac{[C]}{[V]}$

معلومة إثرائية



$C = \frac{\varepsilon . A}{d}$

$\varepsilon = \varepsilon_o . \varepsilon_r$

تتوقف سعة المكثف على:

- الشكل الهندسي.
- المسافة بين اللوحين.
- مساحة اللوحين.
- نوع المادة العازلة بين اللوحين.

السعة الكهربية

هي كمية الشحنة الكهربية اللازمة لتغير فرق الجهد بين لوحي المكثف بمقدار واحد فولت وتقاس بالفاراد أو هى النسبة بين الشحنة المتراكمة على أي من لوحي المكثف إلى فرق الجهد بينهما

$1\ \mu F = 1\times10^{-6}\ F$, $1 nF = 1\times10^{-9}\ F$, $1 pF = 1\times10^{-12}\ F$

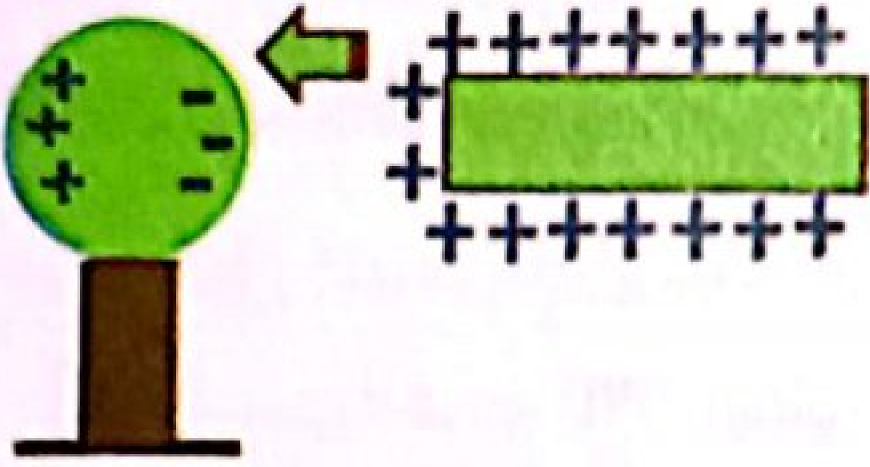
عرف

الفاراد (F)

هو سعة مكثف إذا شُحن بشحنة مقدارها 1 كولوم يكون فرق الجهد بين طرفيه 1 فولت عرف

معلومة إثرائية

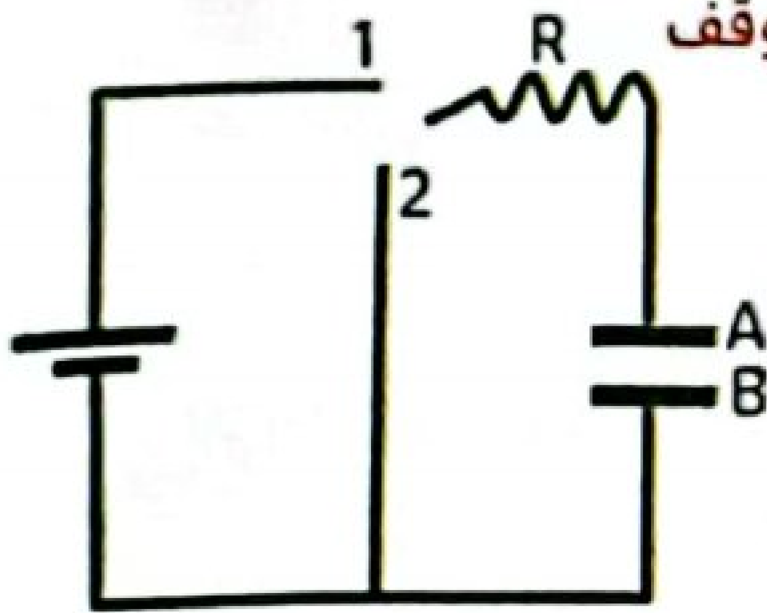
- إذا أحضرت ساق من الزجاج وقمت بتدليكها بالحرير: أثناء احتكاكها بالحرير تفقد ذرات سطح الزجاج إلكترونات للحرير فيصبح الزجاج مشحون بشحنة موجبة وهذا يسمى " تكهرب بالدلك ".
- وإذا قمت بملامسة ساق من الزجاج مشحونة بشحنة موجبة بساق أخرى غير مشحونة يتقاسموا الشحنة سويًا، وهذا يسمى " تكهرب باللمس ".



- وإذا قرّبت ساق الزجاج (المشحونة) من كرة معدنية محمولةعلى ساق من الخشب تُجذب شحنات سالبة على سطح الكرة المواجه للساق وشحنات موجبة على السطح الآخر، وهذا يسمى " تكهرب بالتأثير ".

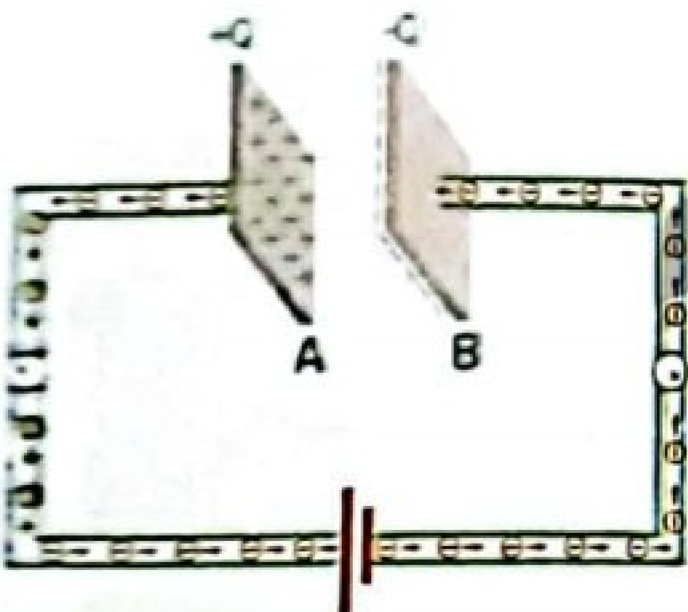
المكثف مع مصدر مستمر

← في الدائرة المقابلة: أولاً: عند غلق المفتاح في الاتجاه (1) سوف يمر التيار لفترة ثم يتوقف (يتوقف الشحن)، لماذا؟



أولاً: أثناء شحن المكثف - في الوضع "1":-

- عند غلق المفتاح في الاتجاه (ا) بحيث يتصل اللوح A بالقطب الموجب واللوح B بالقطب السالب يقوم القطب السالب للبطارية بدفع الشحنة السالبة (إلكترونات التيار) إلى اللوح B فتجد أمامها تلك المادة العازلة وتنتشر على السطح الداخلي لها (المقابل للوح A) فيصبح السطح مشحونًا بشحنة سالبة ويقل جهد اللوح B تدريجياً.
- تؤثر شحنة اللوح B السالبة على اللوح A (بواسطة مجال كهربي يعبر العوازل) فيُشحن اللوح A بالتأثير وتُجذب الشحنات الموجبة على سطحه المقابل للوح B والشحنات السالبة المتبقية تُطرد خلف السطح وتُسحب بواسطة القطب الموجب للبطارية، ويرتفع جهد اللوح A تدريجياً حيث تظهر عليه شحنة موجبة فينشأ فرق في الجهد بين اللوحين يزداد بمرور الزمن، هكذا يسري التيار.

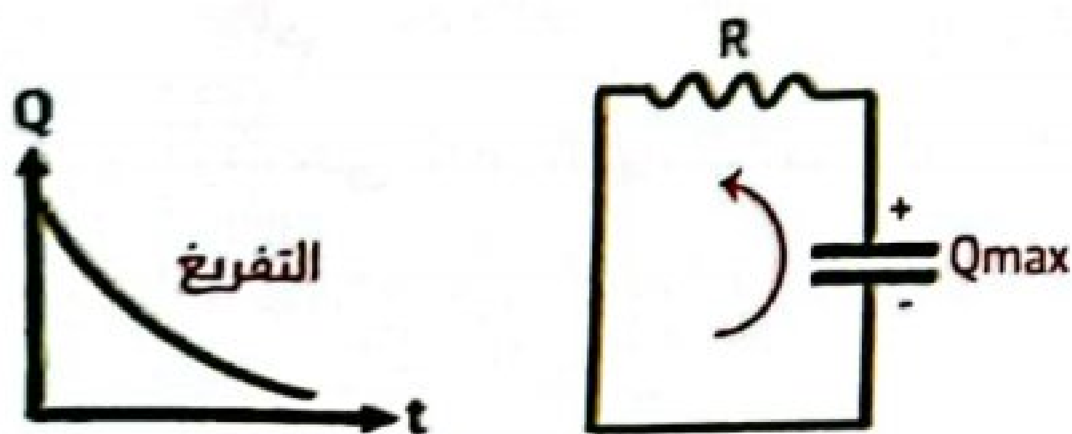


شحن المكثف - الوضع «1»

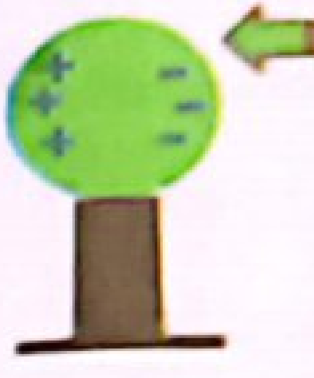
- يزداد فرق الجهد بين اللوحين حتى يتساوى مع فرق الجهد بين قطبي البطارية (ويكون اتجاهه عكسه) فيتوقف انتقال الشحنات (يتوقف التيار) وبذلك يكون قد تم شحن المكثف؛ حيث أنه قبل غلق المفتاح الألواح كانت غير مشحونة أي جهدها = صفر، ولكن عند الغلق اكتسب اللوح الأول جهدًا موجبًا (مثلا 1V+) واللوح الآخر اكتسب جهدًا سالبًا (مثلا 1V-) فيكون هناك فرقًا في الجهد قيمته 2V وهكذا ...، وإذا كانت البطارية جهدها 10V سوف نصل للحظة التي يكون فيها جهد اللوح الأول 5V+ والآخر 5V - فيكون فرق الجهد 10V مساوي لـ VB فأصبح كبطارية عكس البطارية الأصلية فيتوقف التيار.

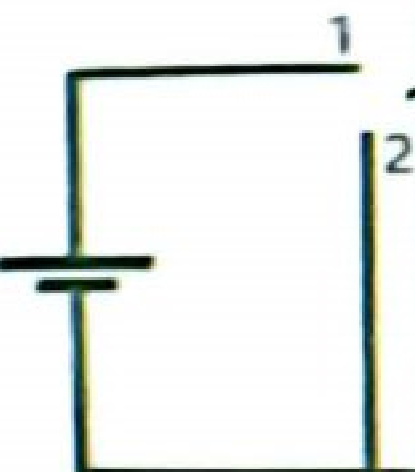
← ثانياً: عند غلق المفتاح في الاتجاه (2) لماذا يتوقف التيار؟

- نظراً لوجود المقاومة الخارجية بالإضافة إلى مقاومة الأسلاك فإن الطاقة المختزنة في المكثف تتحول تدريجياً إلى حرارة؛ فتضمحل الشحنة على لوحي المكثف بمرور الوقت وتقل شدة التيار في الدائرة، ويقل فرق الجهد بين لوحي المكثف تدريجيًا إلى أن ينعدم ويتوقف التفريغ (ينعدم التيار).



ثانياً: أثناء التفريغ - في الوضع "2":-





ملاحظات!!

1- التيار عندما يبدأ يكون قويًا ثم يضعف تدريجيًا حتى ينعدم، لماذا ؟
وكأن هناك خزان مملوء بالماء وخزان آخر فارغ وماسورة رابطة ؛لحظة الفتح يندفع الماء بقوة من الخزان المملوء إلى الخزان الفارغ ويقترب المستويان شيئًا فشيئًا ويقل اندفاع الماء حتى ينعدم

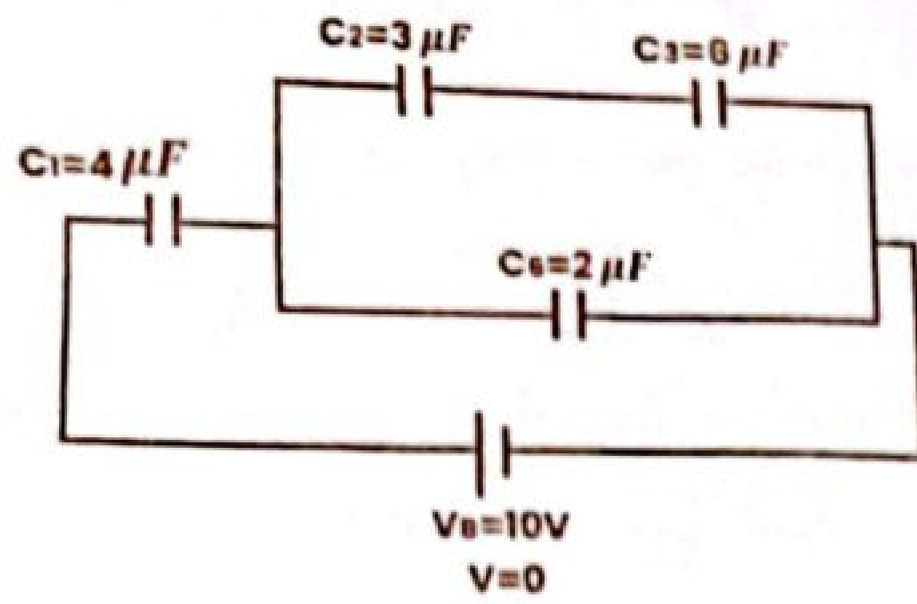
2- إذا وضعنا جلفانومتر في الدائرة سوف ينحرف لحظياً ثم ينطفئ، ولكن ماذا لو أضفنا جلفانومتران في الدائرة بدلًا من جلفانومتر واحد أحدهما بجوار القطب السالب للبطارية والآخر بجوار القطب الموجب للبطارية؟
سوف ينحرف الجلفانومتران سويًا حيث إن لحظة دفع أول إلكترون هي نفسها لحظة خروجه على السطح الأول هي نفسها لحظة ظهور شحنة موجبة على السطح الآخر هي نفسها لحظة سحب إلكترون من هذا السطح هي نفسها لحظة دخوله للقطب الموجب للبطارية، أي أن كل التغيرات الحادثة تكون متزامنة في آن واحد وليست متوالية.

3- عندما يكون جهد المصدر أكبر من جهد المكثف فإن المصدر يشحن المكثف، وعندما يكون جهد المصدر أقل من جهد المكثف فإن المكثف يشحن المصدر .. وهذا هو مدخل التيار المتردد

ملاحظات!!

1- الشحنة الكهربية في المكثفات توالي تكون متساوية .
2- يقسم الجهد علي المكثفات توالي بمقلوب نسب سعة المكثفات
3- تقسم الشحنة في المكثفات توازي بنفس نسب سعة المكثفات
4- الجهد في المكثفات توازي يكون متساوي
5- أختزال سعة المكثفات في حالة التوالي نستخدم قوانين التوازي وفي حالة التوازي نستخدم قوانين التوالي

مثال



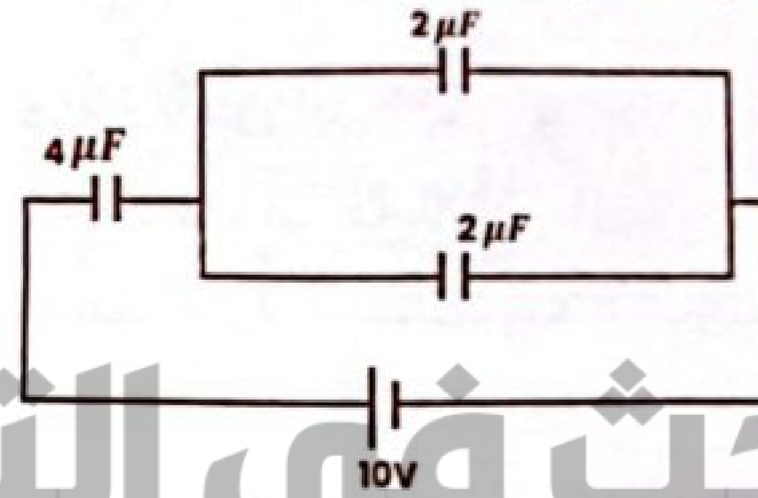
أوجد الشحنة على كل مكثف وأوجد كل مكثف:.

الحل..

أولا:. نبسط الرسمة باختزال المكثفات

(تذكر عند حساب سعة المكثف الكلية نعامل التوازى توالى والتوالى توازى)

الخطوة الأولى.

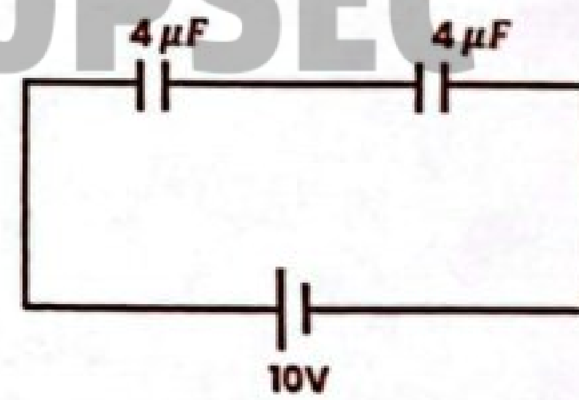


$Q_T = C_T . V_T$

$= 2\mu F \times 10 = 20\mu C$

$Q_{C4} = 20\mu C$

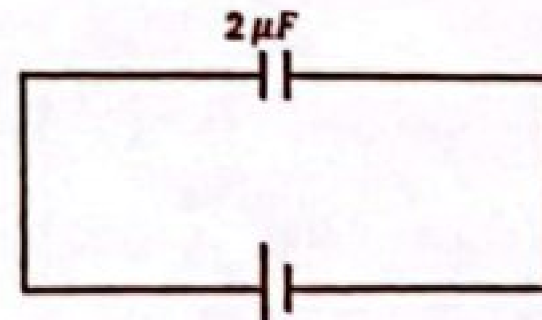
(الخطوة الثانية $2\mu F + 2\mu F$ توالى)



$Q_{C3} = 10\mu C$

$Q_{C1,C2} = 10\mu C$

الخطوة الثالثة ($4\mu F // 4\mu F$ توازى)



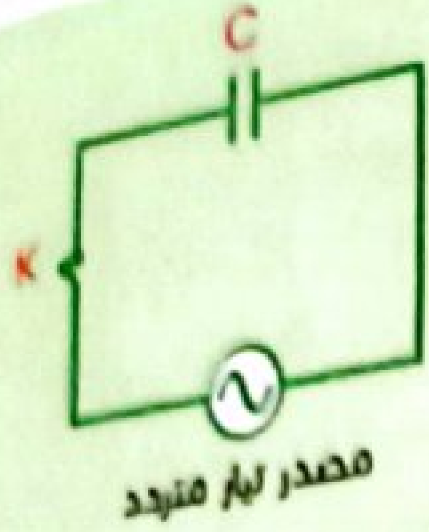
$V_{C4} = \frac{Q}{C} = \frac{20\mu C}{4\mu F} = 5V$

$V_{C3} = \frac{10\mu C}{2\mu F} = 5V$

$V_{C1} = \frac{10}{3} V$ $\quad$ $V_{C2} = \frac{10}{6} V$

دائـــرة (٣) دائرة تيار متردد مع مكثف

• في نصف الدورة الأول :



1- في الربع الأول: يتم شحن المكثف تدريجياً حتى يصل فرق الجهد بين لوحيه إلى نهاية عظمى تساوي النهاية العظمى لـemf للمصدر ويتوقف التيار في الدائرة؛ حيث أنه قبل غلق المفتاح كان جهد المصدر = 0، وجهد المكثف = 0، ثم بعد الغلق يزداد جهد المصدر فيشحن المكثف، كيف؟ القطب السالب للمصدر سيدفع الإلكترونات فتجعل على سطح المكثف شحنة سالبة وعلى السطح الآخر شحنة موجبة، وسوف تُجذب الشحنات السالبة من القطب الموجب للمصدر؛ حيث عند ملء كل منهما يتوقف التيار في الدائرة (I=0) أي عند نهاية الربع الأول يكون المكثف والمصدر كل منهما مشحون ويصل فرق الجهد بين لوحي المكثف إلى نهاية عظمى تساوي النهاية العظمى للقوة الدافعة للمصدر.

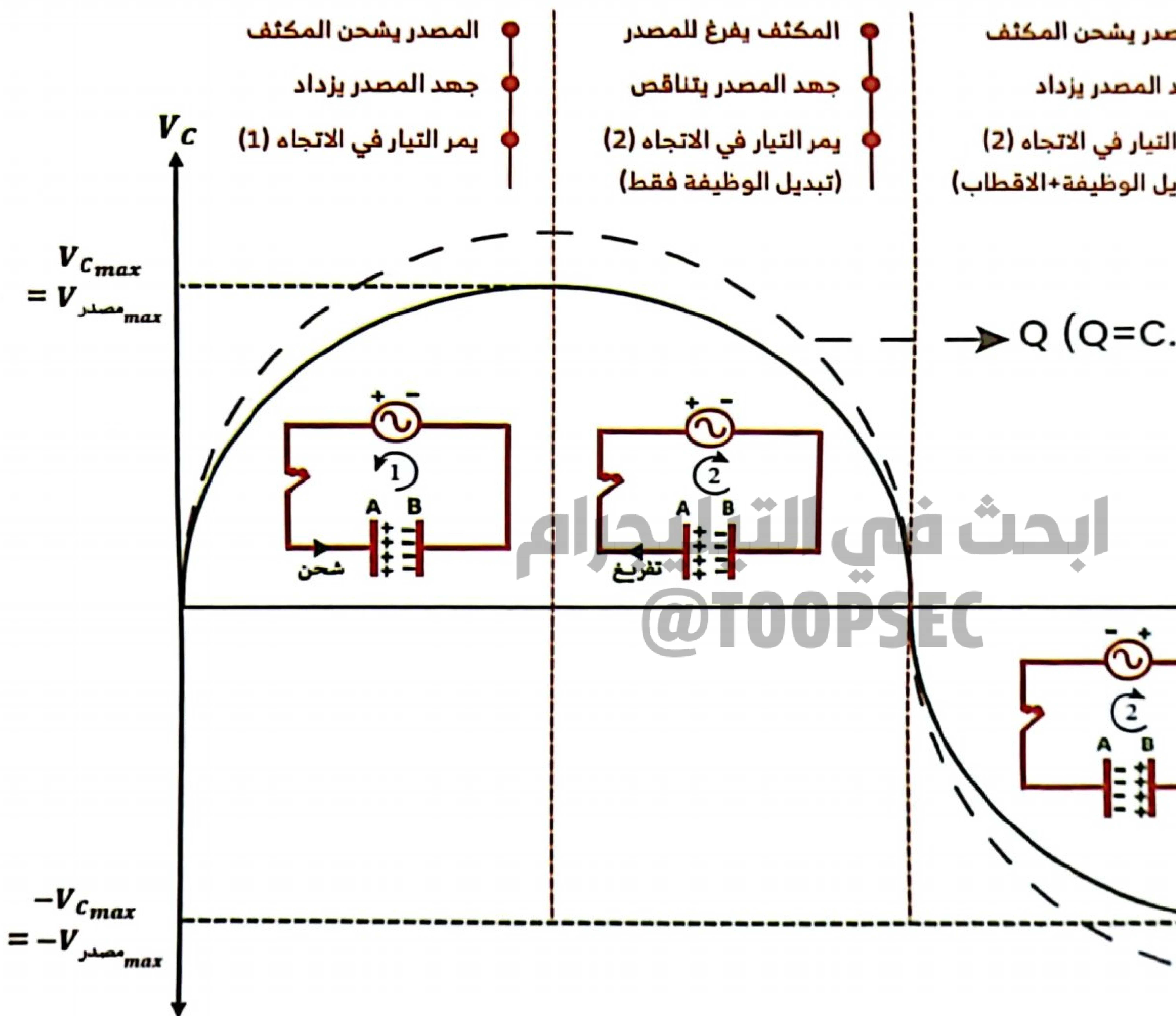
2- في الربع الثاني: عندما يبدأ جهد المصدر في الهبوط ويكون جهد المكثف أعلى فيفرّغ شحنته فى (يشحن) المصدر فتسري الإلكترونات في الاتجاه العكسي، وفي نهاية هذا الربع أصبح كل من جهد المصدر والمكثف = صفر وتكون شدة التيار قيمة عظمى.

• في نصف الدورة الثاني :

3- في الربع الثالث: يزداد جهد المصدر ولكن في الاتجاه المضاد فيُشحن المكثف مرة أخرى ولكن بشحنات مضادة فيحدث تبديل لنوعي الشحنة على كلٍ من لوحي المكثف ويمر التيار في الاتجاه العكسي، وفي نهاية الربع يصل فرق الجهد بين لوحي المكثف إلى النهاية العظمى لـemf للمصدر كما في الربع الأول (ولكن في الاتجاه العكسي) ويكون كل من المكثف والمصدر مشحونين تماماً ولكن بشحنات مضادة ويتوقف التيار.

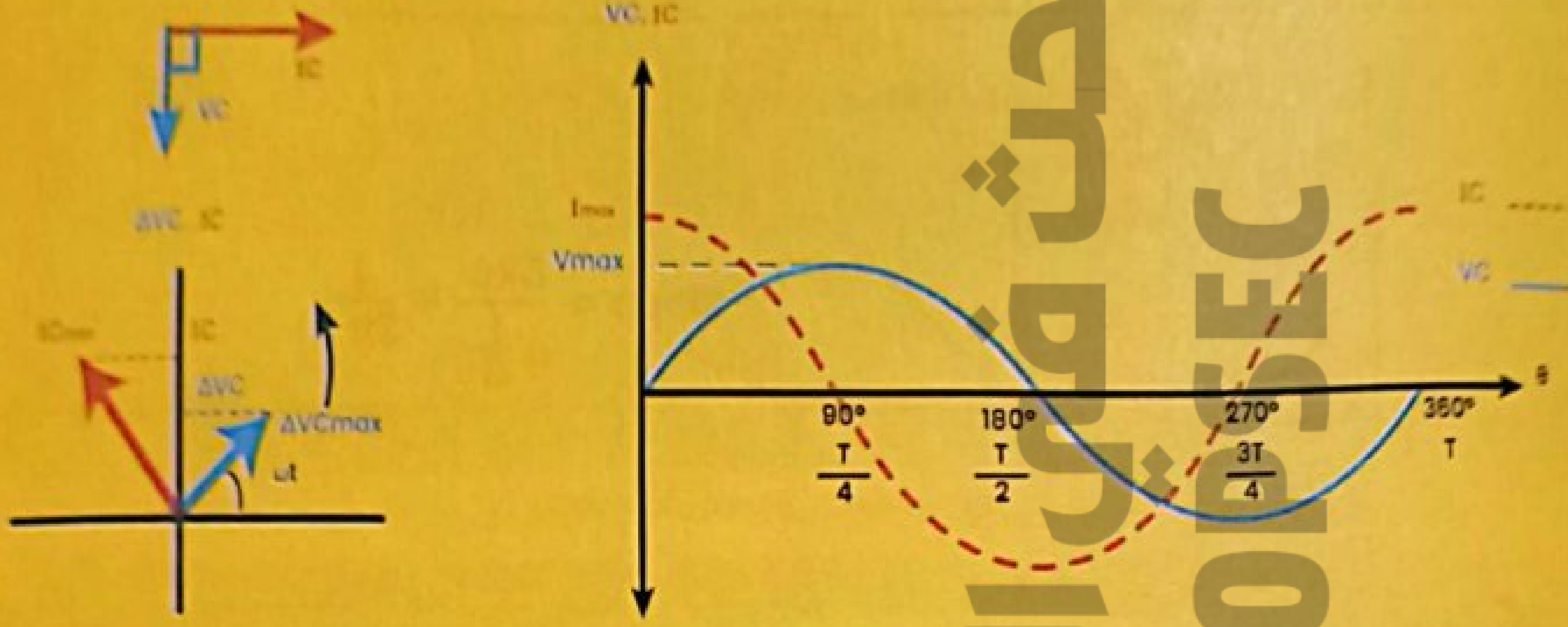
4- في الربع الرابع: يقل جهد المصدر ويكون المكثف هو الذى يفرّغ شحنته (يشحن) المصدر فتسري الإلكترونات في نفس الاتجاه الأول وفي نهاية هذا الربع يصبح جهد المصدر والمكثف = صفر ويكون التيار قيمة عظمى.

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....



المصدر يشحن المكثف
جهد المصدر يزداد
يمر التيار في الاتجاه (1)
المكثف يفرغ للمصدر
جهد المصدر يتناقص
يمر التيار في الاتجاه (2)
(تبديل الوظيفة فقط)
صدر يشحن المكثف
د المصدر يزداد
التيار في الاتجاه (2)
يل الوظيفة+الاقطاب)
V_C
$V_{C_{max}}$
$= V_{مصدر_{max}}$
$-V_{C_{max}}$
$= -V_{مصدر_{max}}$
Q (Q=C.
A
B
شحن
تفريغ

...تتناسب شدة التيار المتردد المار في أى لحظة تناسبا طرديا مع معدل التغير في شحنة المكثف
... فرق الجهد عليه حيث أن الشحنة وفرق الجهد على لوحى المكثف متفقين في الطور
... يسبق V_c في الطور بربع دورة (أي أن فرق الجهد عبر المكثف يتأخر في الطور عن التيار ب90°)



المفاعلة السعوية

المفاعلة التي يلقاها التيار المتردد عند مروره في المكثف بسبب سعته

$$X_C = \frac{V_C}{I_C} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \ (\Omega)$$

عرف

لا تعتمد قيمة المفاعلة السعوية على قيمة كل من فرق الجهد بين لوحي المكثف وشدة التيار المار به.

علل لا يسمح المكثف بمرور التيار المستمر ولكن يسمح بمرور التيار المتردد!

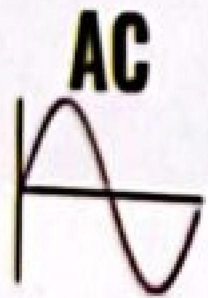
في حالة التيار المستمر تكون معاوقة (مفاعلة) المكثف لانهائية حيث يوجد عازل بين اللوحين وتكون X_C للتيار المستمر = ∞ ، أو لأن المفاعلة السعوية للمكثف تتناسب عكسياً مع تردد المصدر تبعاً العلاقة:

$f = 0 \qquad X_C = \infty \leftarrow$

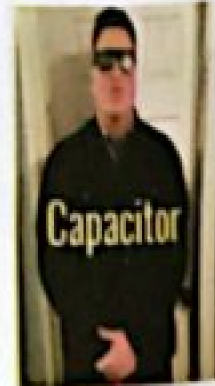
وفى الترددات العالية تكون $X_C \cong 0$ وتعتبر الدائرة مغلقة.

Why does a capacitor block the DC and passes the AC?

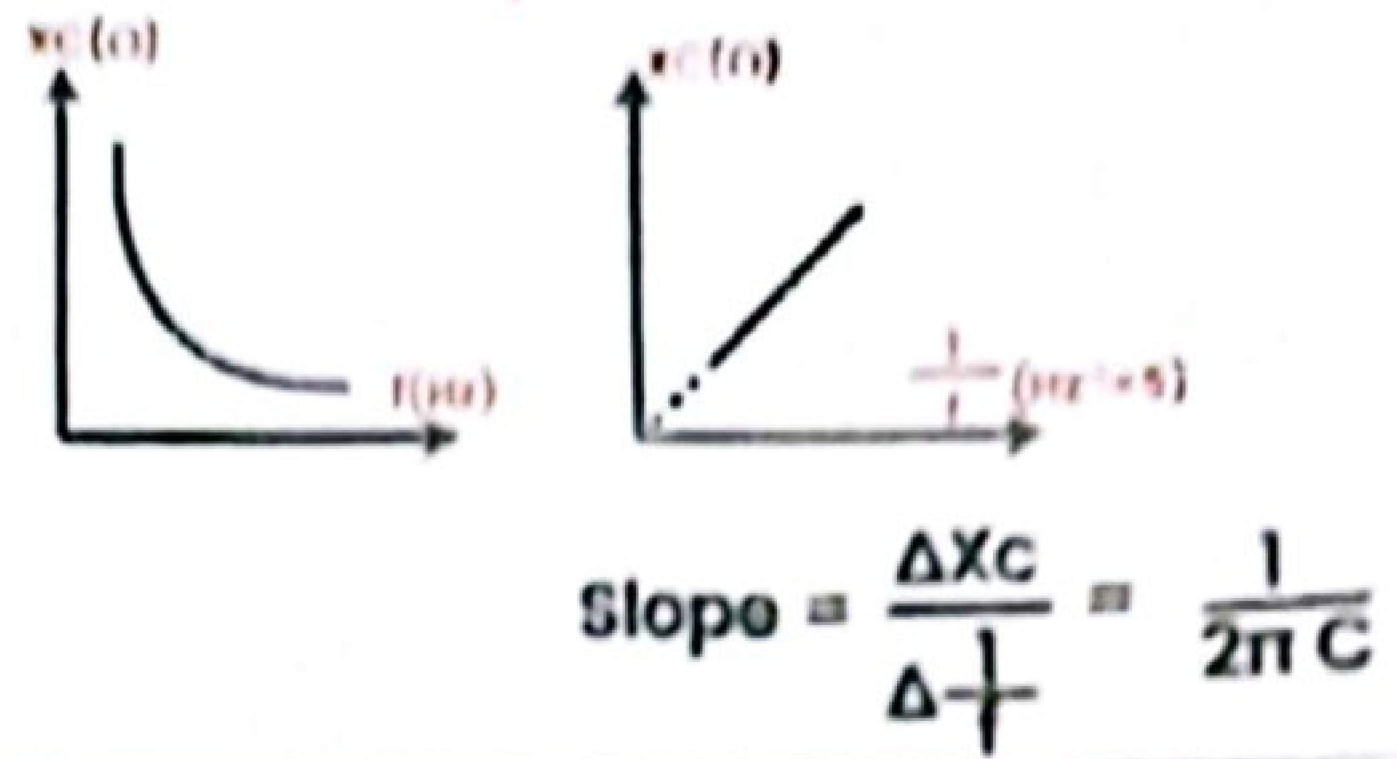
AC



DC



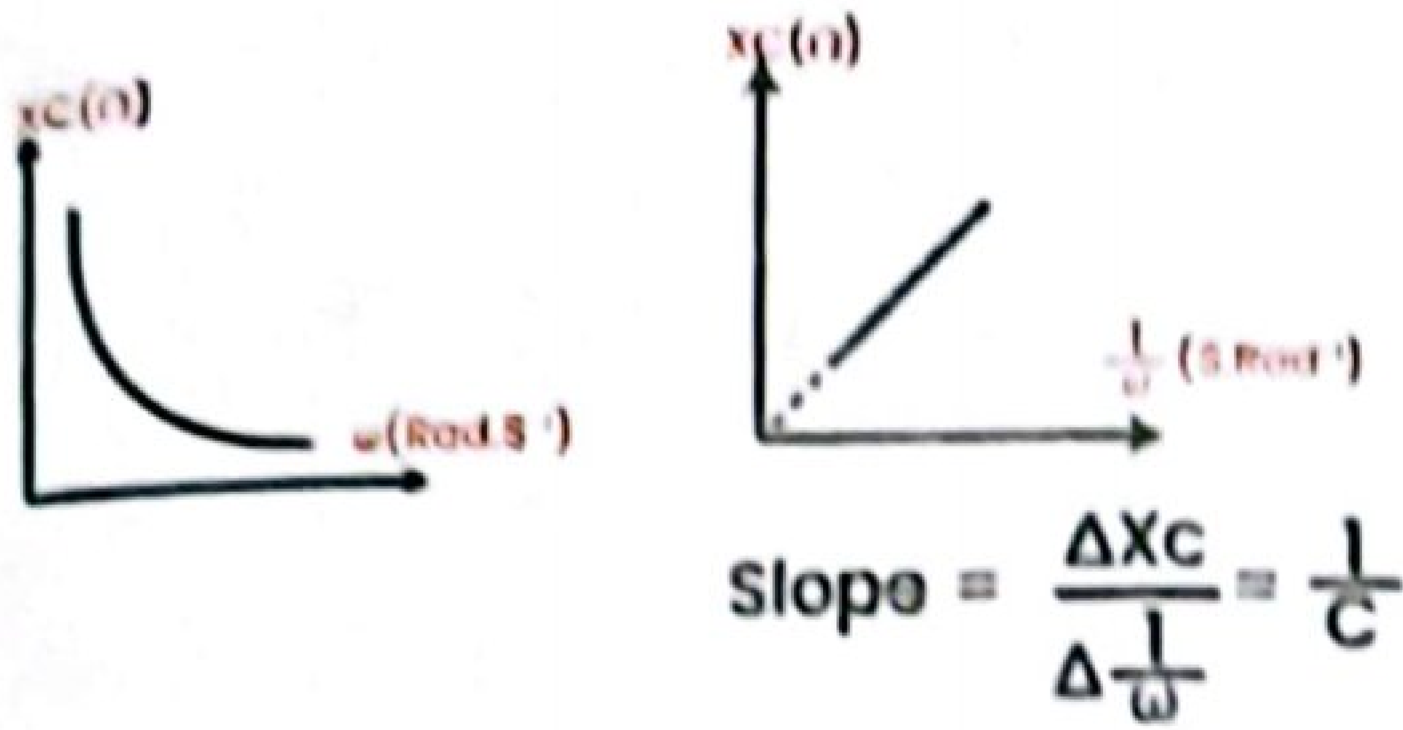
التردد $(X_C \propto \frac{1}{f})$



$$Slope = \frac{\Delta X_C}{\Delta \frac{1}{f}} = \frac{1}{2\pi C}$$

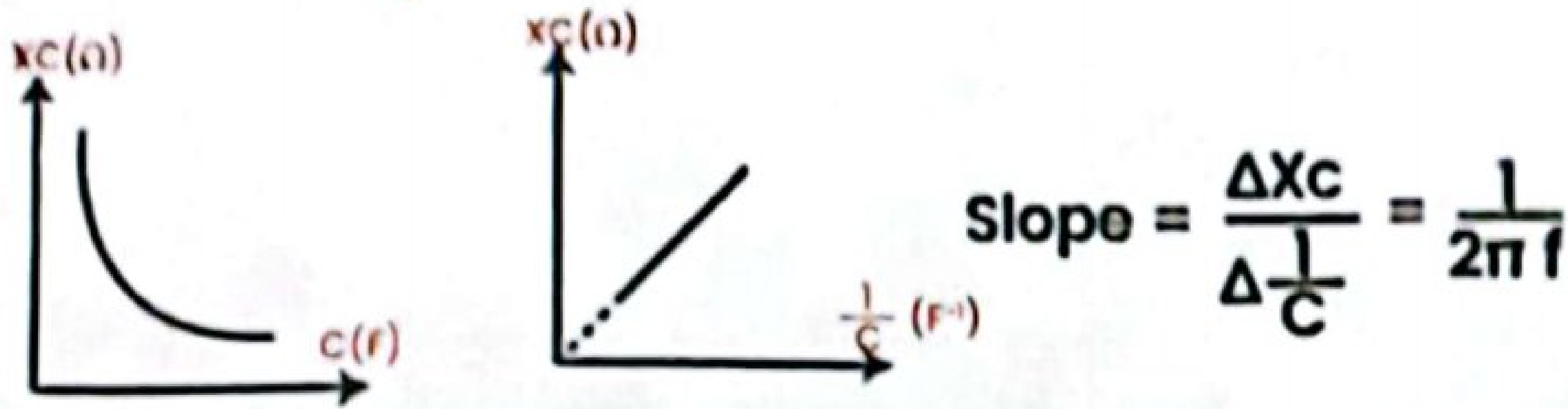
أو

السرعة الزاوية $(X_C \propto \frac{1}{\omega})$

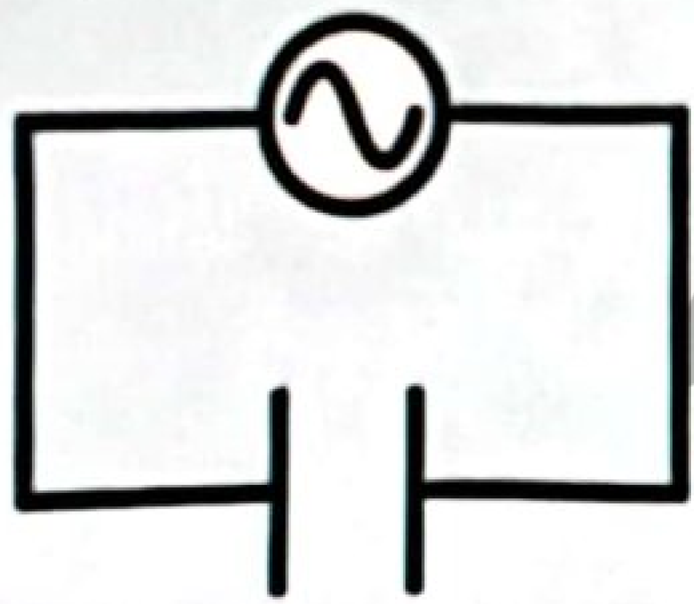


$$Slope = \frac{\Delta X_C}{\Delta \frac{1}{\omega}} = \frac{1}{C}$$

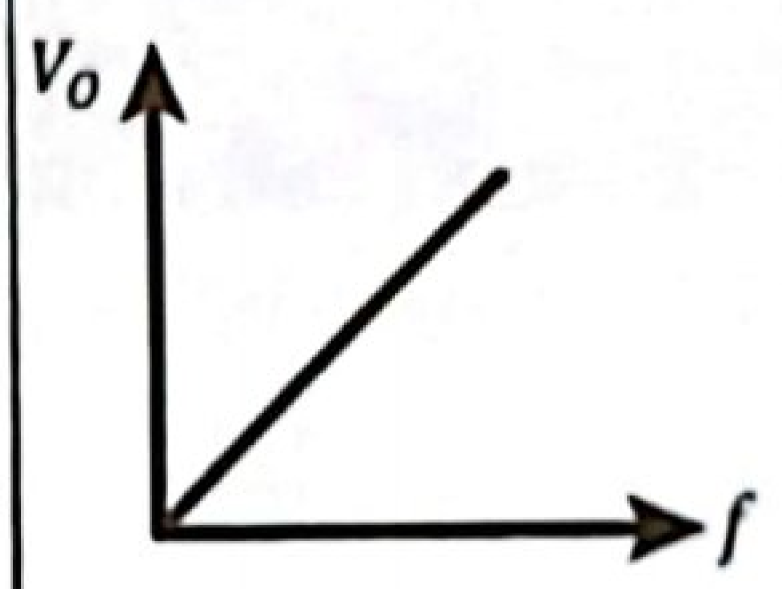
سعة المكثف $(X_C \propto \frac{1}{C})$



$$Slope = \frac{\Delta X_C}{\Delta \frac{1}{C}} = \frac{1}{2\pi f}$$

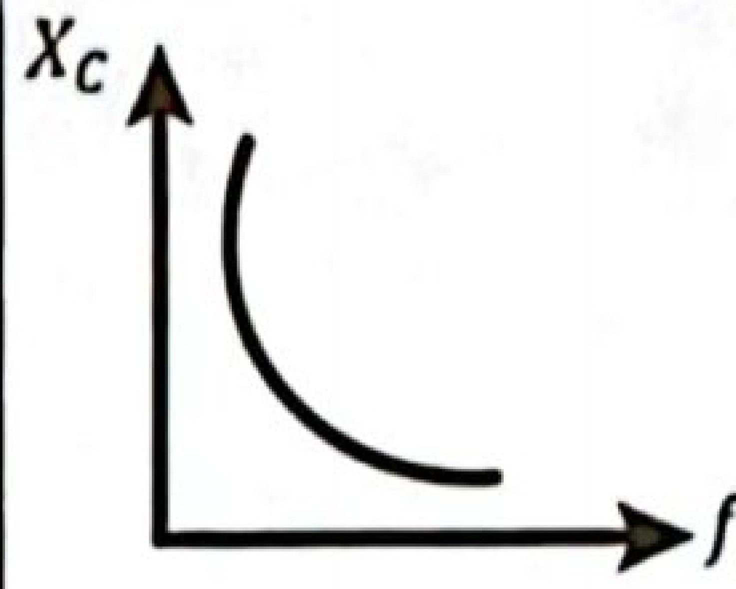


- في الدائرة المقابلة: إذا زاد f للضعف فإن Vo يزداد للضعف و Xc تقل للنصف و Io يزداد لأربع أمثاله.



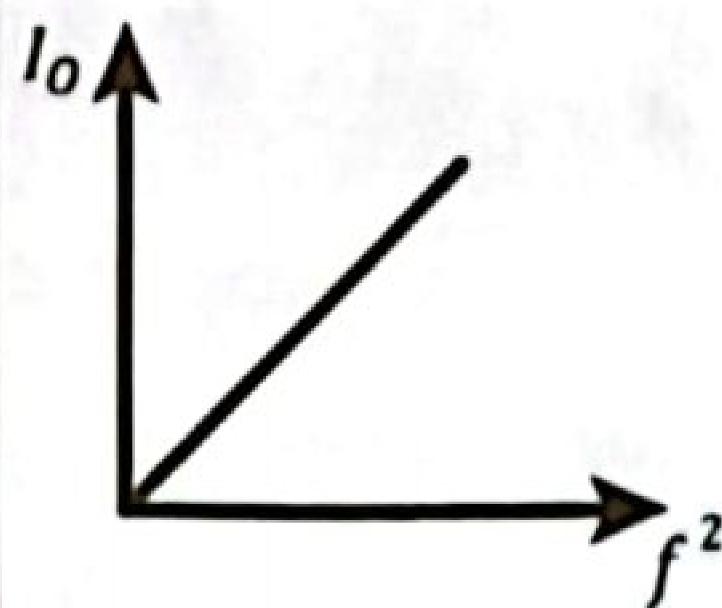
$$V_0 = NBA2\pi f$$

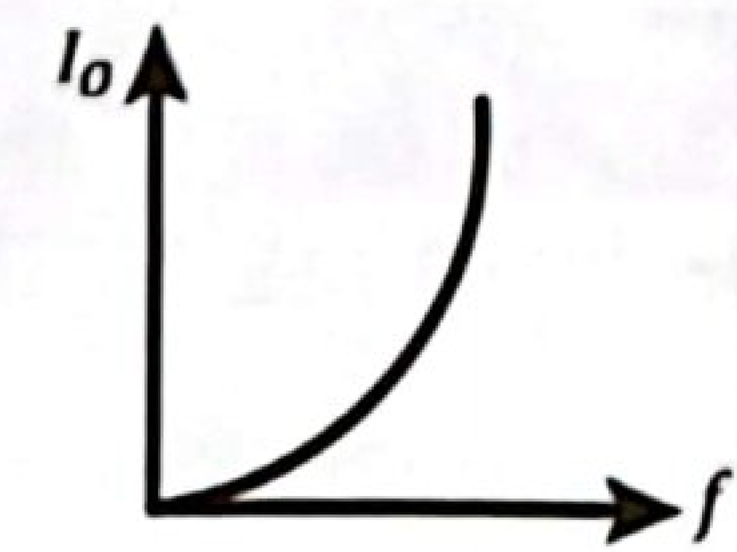
$$V_0 \,\alpha\, f$$



$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C \,\alpha\, \frac{1}{f}$$



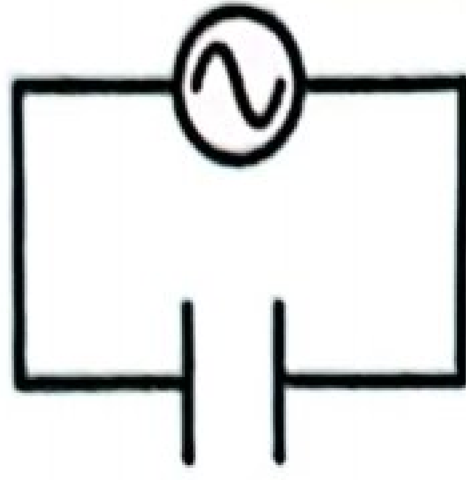


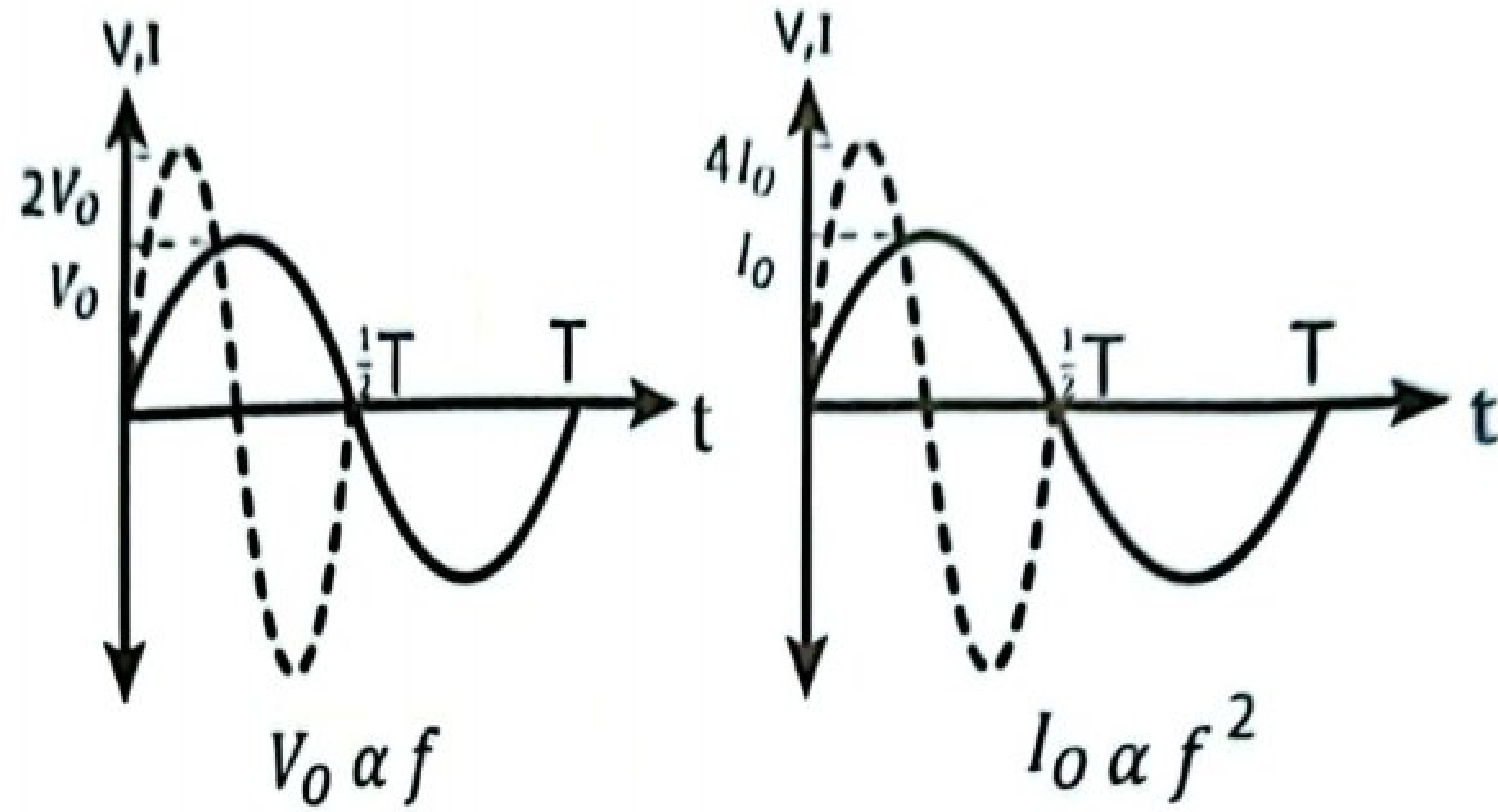
$$I_0 = \frac{NBA2\pi f}{\frac{1}{2\pi f C}}$$

$$= NBA4\pi^2 f^2 C$$

$$I_0 \,\alpha\, f^2$$

- أعد الرسم بعد زيادة f للضعف:





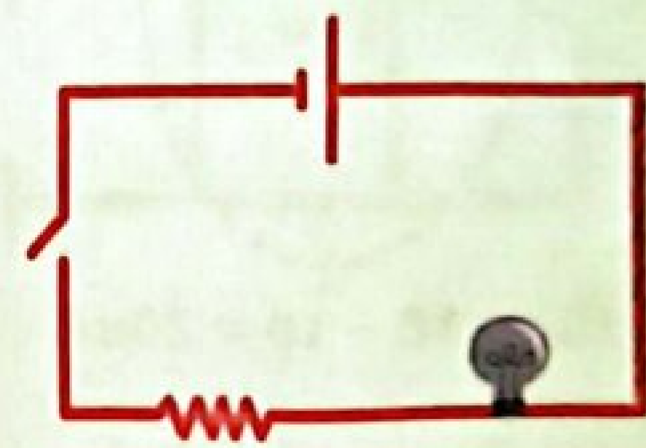
ملحوظة!!

- عند توصيل دينامو تيار متردد مقاومته الأوميه مهملة بمكثف وتغيير تردد ملف الدينامو فإن قيمة شدة التيار العظمى تتناسب طردياً مع مربع تردد دوران ملف الدينامو (تردد التيار) حيث أنها تُحسَب من العلاقة:

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{X_C} = \frac{NBA\omega}{\frac{1}{\omega C}} = NBA\omega^2 C = NBA\,(4\pi^2 f^2)\,C$$

التمييز عملياً بين المقاومة الأومية وملف الحث والمكثف

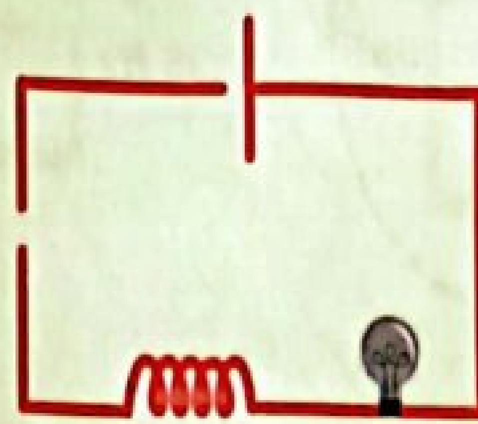
مقاومة أومية



عند غلق المفتاح فإن:

يضئ المصباح بشدة معينة. تظل شدة الإضاءة ثابتة.

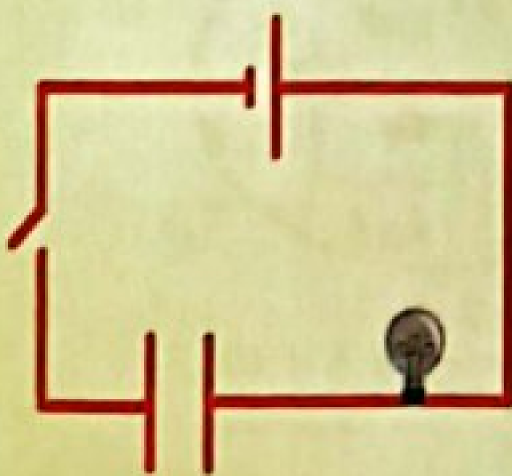
ملف حث



عند غلق المفتاح فإن:

يضئ المصباح إضاءة ضعيفة. ثم تصل شدة الإضاءة إلى قيمة معينة وتثبت عليها.

مكثف

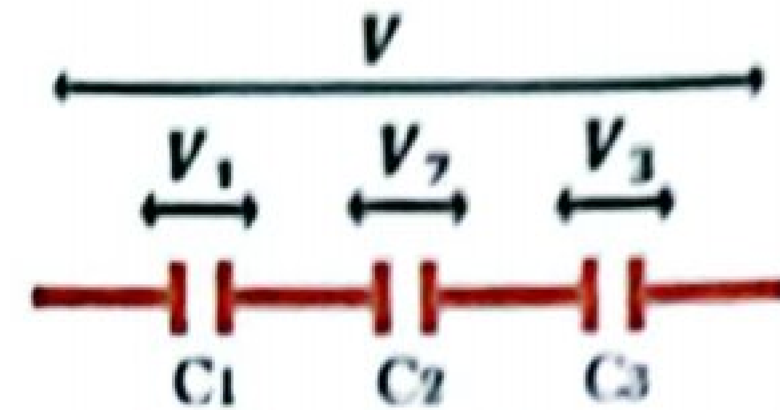


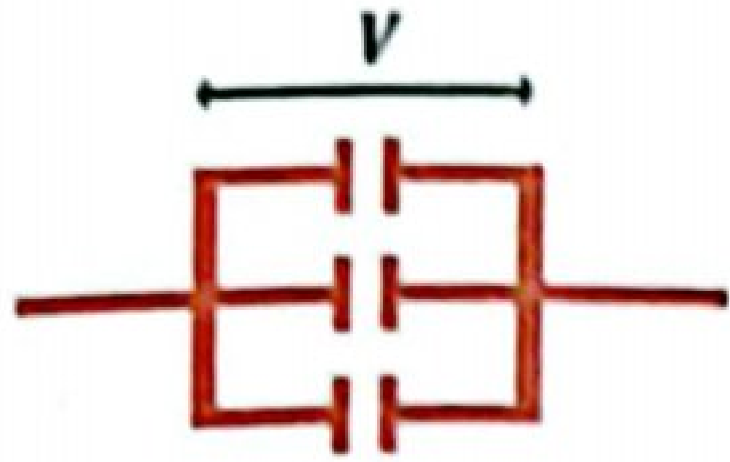
عند غلق المفتاح فإن:

يضئ المصباح بشدة ثم تضعف شدة الإضاءة تدريجيًا ثم ينطفئ المصباح

على التوالي | على التوازي

شكل التوصيل





على التوالي: يتم شحن المكثفات بشحنات متساوية (Q)

على التوازي: يكون فرق الجهد بين طرفي كل مكثف (V) متساوي

الاثبات

$$XC = \frac{1}{\omega C}$$

على التوالي:

$\because V_t = V_1 + V_2 + V_3$

$$\frac{Q}{C_t} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$\therefore \frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\therefore X_{Ct} = X_{C1} + X_{C2} + X_{C3}$$

إذا كانت المكثفات متساوية وعددها n

$$\therefore C_t = \frac{C}{n}$$

$$\therefore X_{Ct} = n\,X_C$$

على التوازي:

$\because Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$V.C_t = V.C_1 + V.C_2 + V.C_3$

$$\therefore C_t = C_1 + C_2 + C_3$$

$$\therefore \frac{1}{X_{Ct}} = \frac{1}{X_{C1}} + \frac{1}{X_{C2}} + \frac{1}{X_{C3}}$$

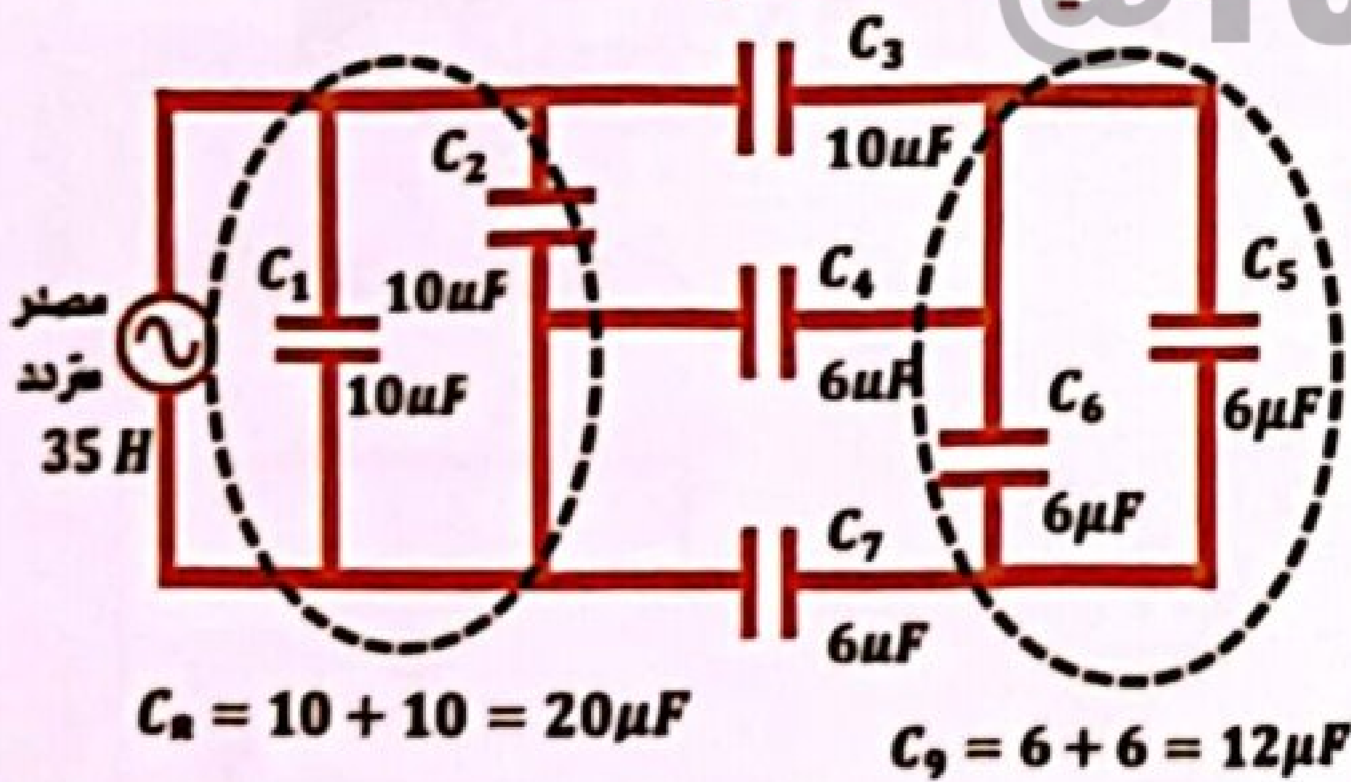
إذا كانت المكثفات متساوية وعددها n

$$\therefore C_t = n\,C$$

$$\therefore X_{Ct} = \frac{X_C}{n}$$

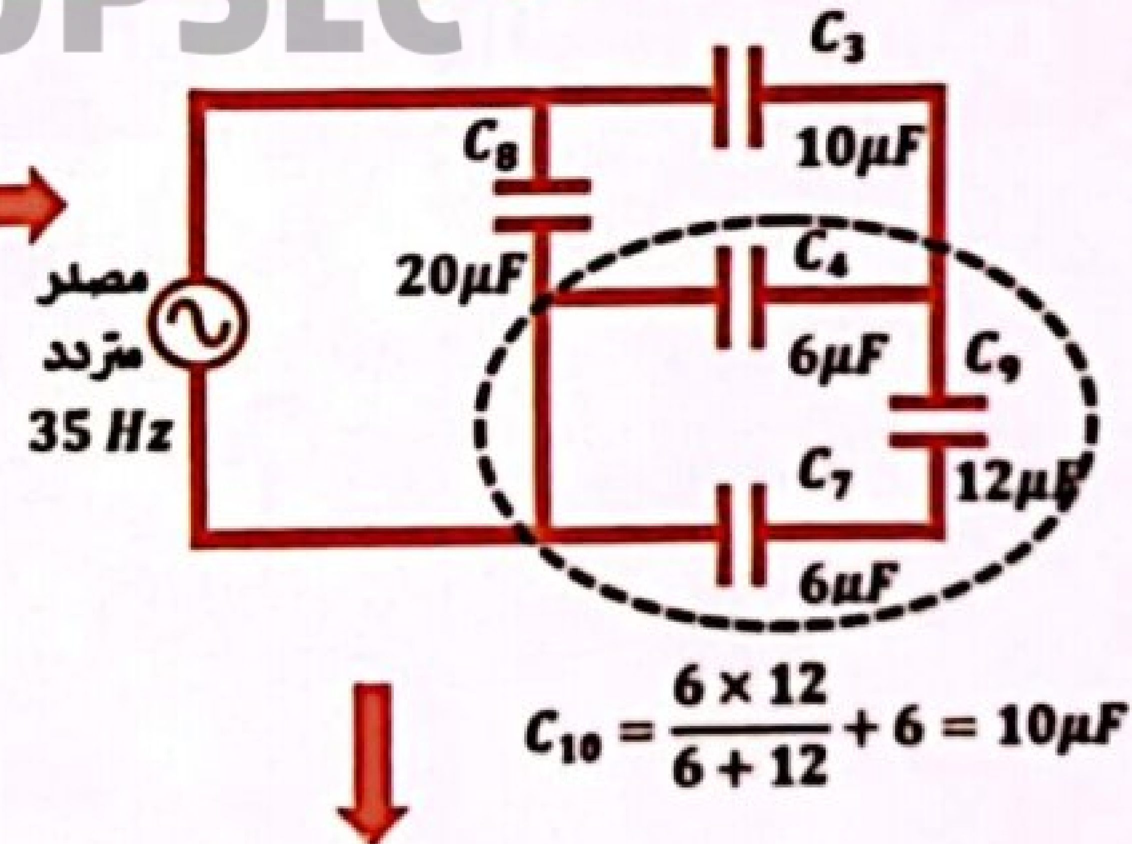
مثال

احسب السعة الكلية والمفاعلة السعوية الكلية في هذه الدائرة.

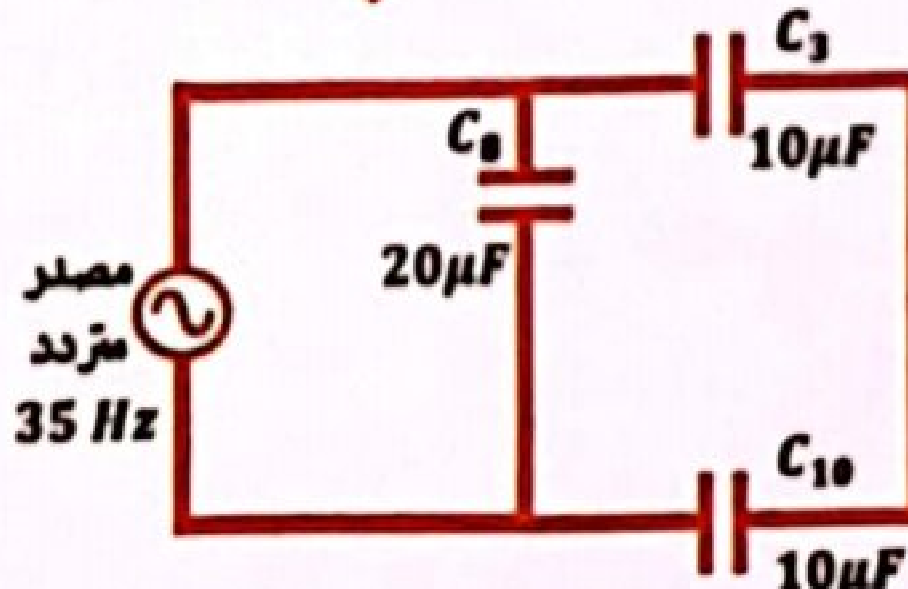


$C_8 = 10 + 10 = 20\mu F$

$C_9 = 6 + 6 = 12\mu F$



$$C_{10} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} + 6 = 10\mu F$$



$$C_t = \frac{C_{10} \times C_3}{C_{10} + C_3} + C_8$$

$$= \frac{10 \times 10}{10 + 10} + 20 = 25\mu F$$

$$X_{C_t} = \frac{1}{2\pi F.C_t}$$

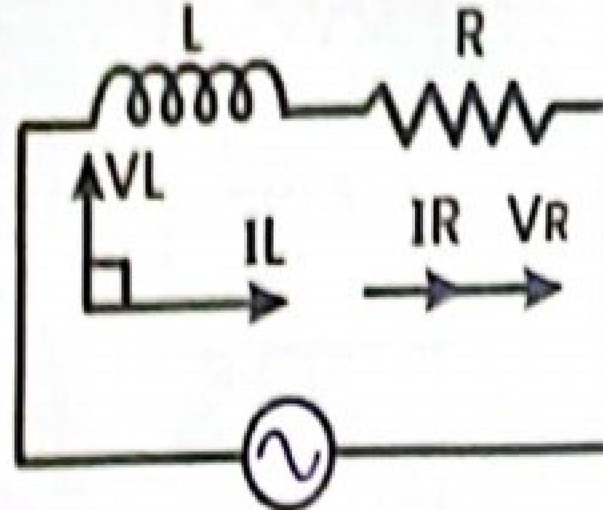
$$= \frac{1}{2\pi \times 35 \times 25 \times 10^{-6}} = 181.89\ \Omega$$

المعاوقة

هي مكافئ المقاومة الأومية والمفاعلة سواء الحثية أو السعوية أو كلاهما في دائرة التيار المتردد

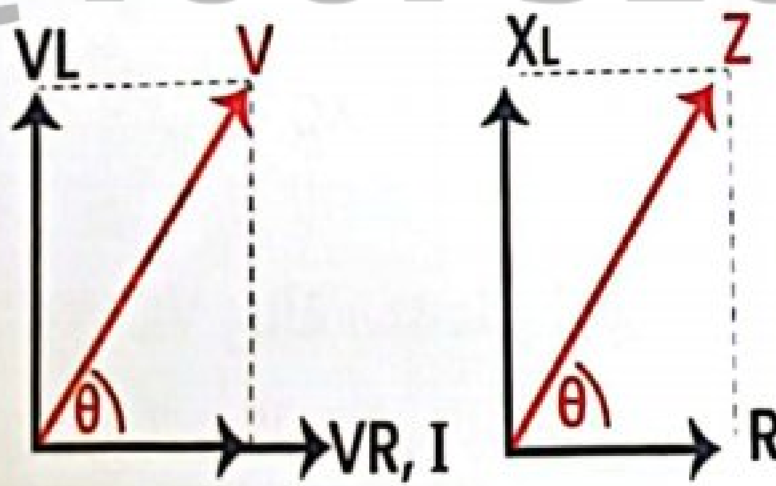
عرف

دائرة (٤) دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية وملف حث على التوالي



- من المستحيل عمليًا وجود ملف حث عديم المقاومة لأن أي ملف لا بد أن يمتلك قدر ولو ضئيل من المقاومة الداخلية الناتجة عن مقاومة الأسلاك المستخدمة في صناعته.
- عند وجود دائرة تيار متردد تحتوي على ملف حث ومقاومة أومية موصلان على التوالي نلاحظ أن:
- في المقاومة يتفق فرق الجهد V_R والتيار I في الطور، بينما في ملف الحث يتقدم فرق الجهد على التيار في الطور بزاوية 90°.
- ويتفق التيار في المقاومة مع التيار في ملف الحث في القيمة والطور لأنهما موصلان على التوالي.
- يمكن تعيين فرق الجهد الكلي بالمتجهات الطورية:

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$



$$\tan(\theta) = \frac{V_L}{V_R} = \frac{X_L}{R}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

- وحيث إن $V_R = I R$ و $V_L = I X_L$ وبالقسمة على I فإن:
- ويمكن تعيين شدة التيار الكلي I من العلاقة:

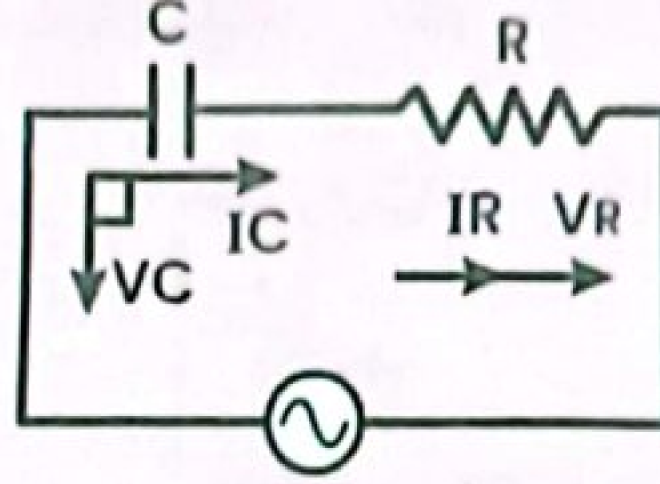
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_L}{X_L}$$

ويمكن تعريف المعاوقة Z في دائرة RL كالتالي:" هي الممانعة التي يلقاها التيار المتردد في دائرة بها ملف حث ومقاومة موصلين على التوالي "

قيل للأوزاعي رحمه الله: ما كرامة الضَّيف؟ قال: طلاقة الوجه، وطيب الحديث

دائـــرة (٥)

دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية ومكثف على التوالي

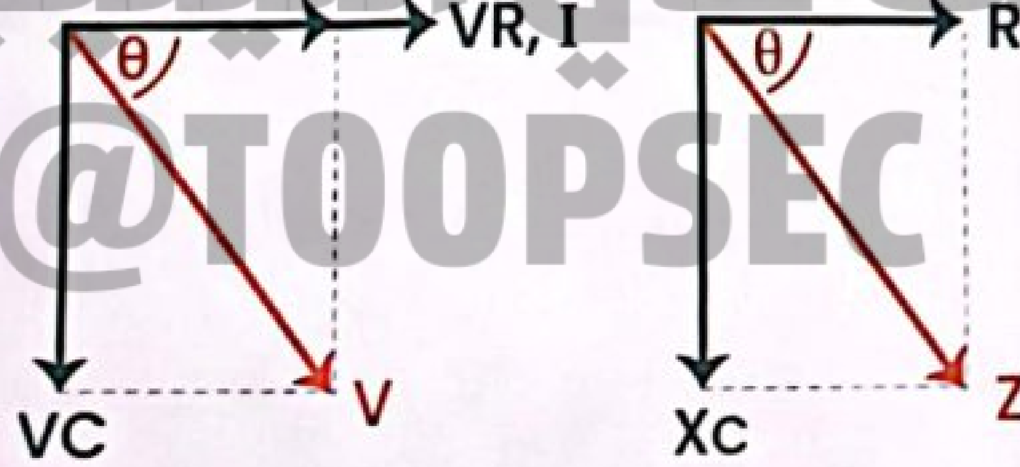


عند وجود دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية ومكثف موصلان على التوالي نلاحظ أن:

- في المقاومة يتفق فرق الجهد V_R والتيار I في الطور، بينما في المكثف يتأخر فرق الجهد على التيار في الطور بزاوية 90°.
- ويتفق التيار في المقاومة مع التيار في المكثف في القيمة والطور لأنهما موصلان على التوالي.

يمكن تعيين فرق الجهد الكلي بالمتجهات الطورية:

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$



$$\tan(\theta) = \frac{-V_C}{V_R} = \frac{-X_C}{R}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

- وحيث إن $V_R = I\,R$ و $V_C = I\,X_C$ وبالقسمة على I فإن:
- ويمكن تعيين شدة التيار الكلي I من العلاقة:

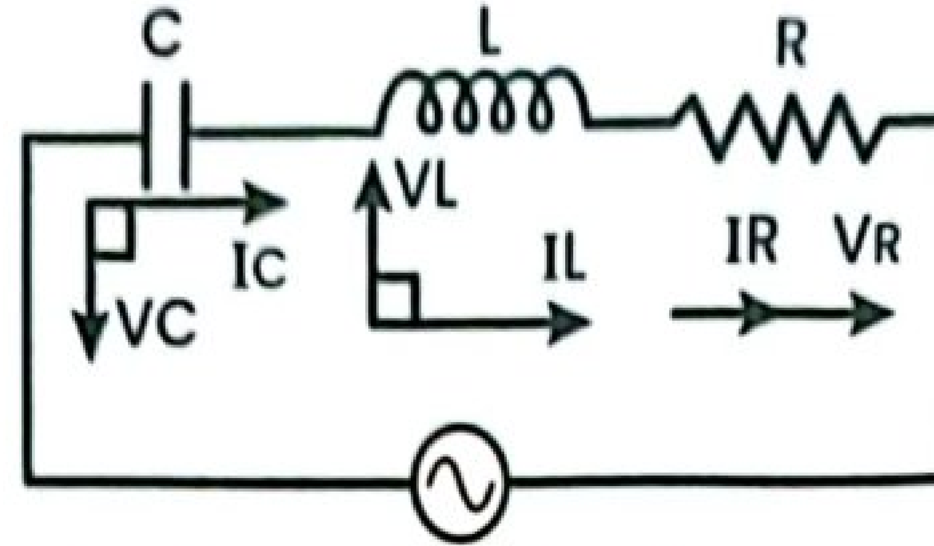
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_C}{X_C}$$

ويمكن تعريف المعاوقة Z في دائرة RC كالتالي: " هي الممانعة التي يلقاها التيار المتردد في دائرة بها مكثف ومقاومة موصلين على التوالي "

"Science is a way of life. Science is a perspective. Science is the process that takes us from confusion to understanding in a manner that's precise, predictive and reliable - a transformation, for those lucky enough to experience it, that is empowering and emotional"
- Brian Greene

دائرة (٦)

دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية وملف حث ومكثف جميعاً على التوالي



عند وجود دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية وملف حث ومكثف موصلين على نلاحظ أن:

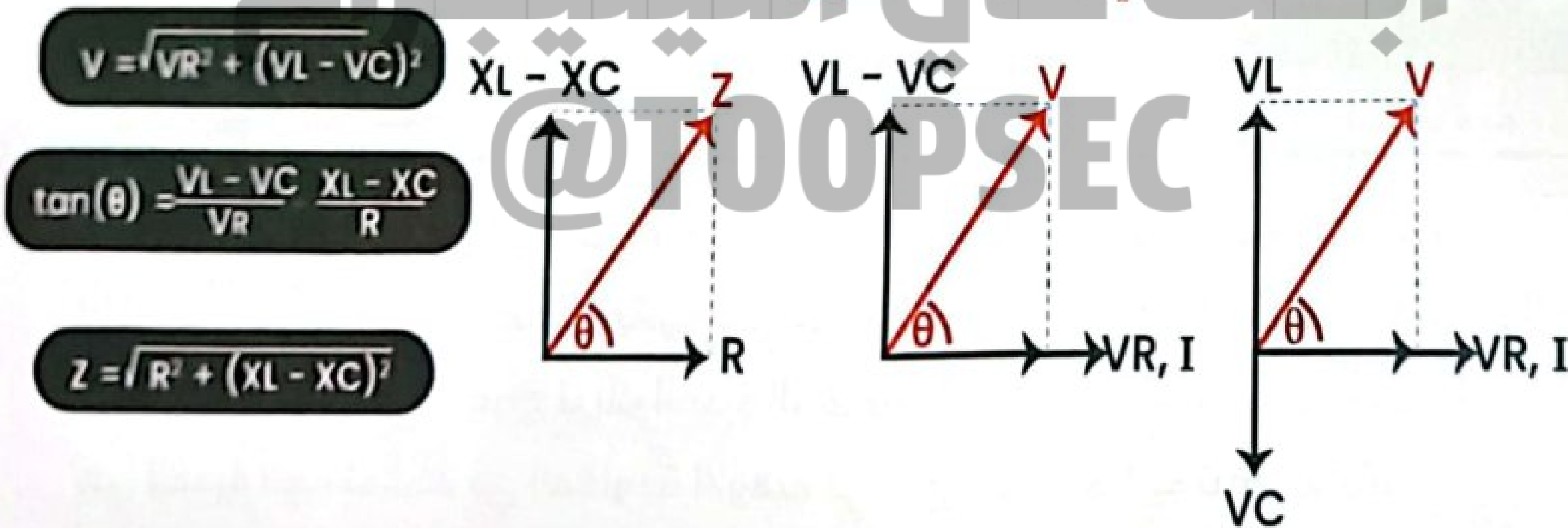
- في المقاومة يتفق فرق الجهد V_R والتيار I في الطور، في ملف الحث يتقدم فرق الجهد على التيار في الطور بزاوية 90°، بينما في المكثف يتأخر فرق الجهد على التيار في الطور بزاوية 90°.
- ويتفق التيار في المقاومة مع التيار في ملف الحث مع التيار في المكثف في القيمة والطور لأنهم موصلين على التوالي.

يمكن تعيين فرق الجهد الكلي بالمتجهات الطورية:

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$\tan(\theta) = \frac{V_L - V_C}{V_R} \quad \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$



- وحيث إن $V_R = I R$ ، $V_L = I X_L$ ، $V_C = I X_C$ وبالقسمة على I فإن:
- ويمكن تعيين شدة التيار الكلي I من العلاقة:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_L}{X_L} = \frac{V_C}{X_C}$$

ويمكن تعريف المعاوقة Z في دائرة RLC كالتالي: " هي الممانعة التي يلقاها التيار المتردد في دائرة بها ملف حث و مكثف ومقاومة موصلين على التوالي "

قارن بين الحالات المختلفة لتأثر زاوية الطور (θ) بتغير قيم XL , XC

$V_L > V_C$ $X_L > X_C$	$V_L = V_C$ $X_L = X_C$	$V_L < V_C$ $X_L < X_C$
زاوية الطور		
موجبة أي أن: الجهد الكلي (V) يتقدم على التيار (I) بزاوية (θ)	مساوية للصفر أي أن: الجهد الكلي (V) يتفق مع التيار (I) في الطور	سالبة أي أن: الجهد الكلي (V) يتأخر عن التيار (I) بزاوية (θ)
خصائص الدائرة		
تكون للدائرة خصائص حثية	تكون للدائرة خصائص أومية	تكون للدائرة خصائص سعوية

ملحوظة !!

1- في الملف والمكثف لا يستهلك كل منهما طاقة كهربية لأنهما يخزنان الطاقة (القدرة) على شكل مجال مغناطيسي في الملف ومجال كهربي في المكثف ثم يعيدها إلى المصدر الكهربي عند التفريغ لذلك القدرة الحقيقية المستهلكة في دائرة RL أو RC أو RLC هي القدرة المستهلكة في المقاومة الأومية في صورة طاقة حرارية تبعاً للعلاقة:

$$P_w = V_{eff-R}\ I_{eff} = I_{eff}^2 R = \frac{V_{eff-R}^2}{R}$$

2- لا تُجمع الجهود جبرياً ($V_t \neq V_L + V_C + V_R$) ولكن تجمع جمعاً اتجاهياً لذلك من الممكن أن يكون جهد أحدهم (الملف أو المكثف) أكبر من جهد المصدر.

من عرف قدر الجزاء صبر على طول العناء، ولا عبر أحد إلى مقر الراحة إلا على جسر التعب. فمصالح الدنيا والآخرة منوطة، وبالتعب تكون الراحة ومن طلب الراحة بالراحة حرم الراحة. فيا طول راحة المتعبين .. التعب يزول والبر يبقى

المحاضرة الثالثة

الدائرة المهتزة - دائرة الرنين

حالة الرنين

الرنين الكهربائي

هو ظاهرة طبيعية تتولد في نظام عندما يكون تردده الطبيعي مساوى لتردد المصدر المؤثر فيه وهو حالة خاصة من حالات الاهتزاز القسري (الإضطراري)

عرف

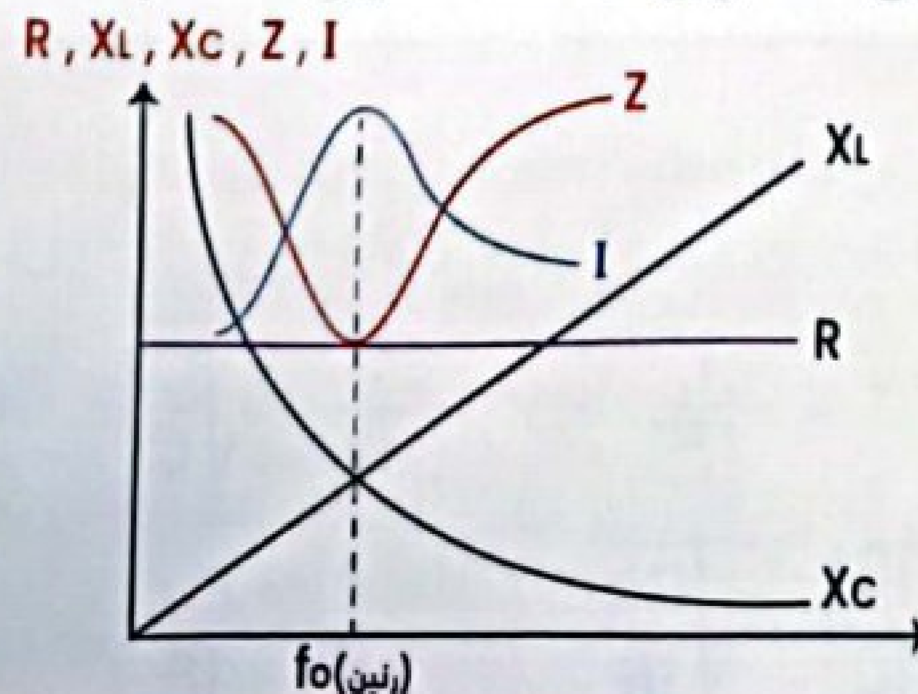
قارن بين العلاقة بين التردد و R و XL و Xc و Z و I

قارن

المفاعلة السعوية للمكثف	المفاعلة الحثية للملف	R
تقل بزيادة تردد التيار المتردد $(X_C \propto \frac{1}{f})$	تزداد بزيادة تردد التيار المتردد $(X_L \propto f)$	تظل قيمة المقاومة الأومية ثابتة لا تتغير بتغير تردد التيار المتردد

مبتدءاً من: التردد= 0

- تقل معاوقة الدائرة (Z) بزيادة تردد التيار (حيث تقترب قيمة XL من XC) حتى تصل إلى نهاية صغرى عندما تكون $X_L = X_C$ وهو ما يُطلق عليه حالة الرنين (وعندها تكون Z=R أو Z=0 إذا كانت مقاومة الدائرة مهملة)، ثم تزداد المعاوقة (Z) بعد ذلك بزيادة التردد.
- تزداد شدة التيار المار (I) بزيادة التردد حتى تصل إلى نهاية عظمى (I_{max}) عندما تكون $X_L = X_C$، ثم تقل بعد ذلك بزيادة التردد ويرجع ذلك إلى أن شدة التيار تتناسب عكسياً مع معاوقة الدائرة.



حالة الرنين

عندما تكون الدائرة في حالة رنين فإن:

1- المفاعلة الحثية للملف (X_L) = المفاعلة السعوية للمكثف (X_C) وتلاشي كل منهما تأثير الأخرى.
2- فرق الجهد بين طرفي الملف (V_L) = فرق الجهد بين طرفي المكثف (V_C)، وبالتالي يكون فرق الجهد بين طرفي المقاومة (V_R) = فرق الجهد بين طرفي المصدر المتردد (V).
3- الدائرة يكون لها أقل معاوقة وهى المقاومة الأومية ($Z = R$).
4- الدائرة يمر فيها أكبر قيمة فعالة للتيار ($I = \frac{V}{R}$).
5- التيار يتفق مع فرق الجهد الكلي في الطور أي أن زاوية الطور (θ) = صفر.
6- تردد الدائرة (تردد الرنين) مساوي لتردد المصدر.

وإذا تحقق أحد هذه الشروط تحقق الباقي

استنتاج تردد الرنين (تردد التيار في الدائرة المهتزة)

- في حالة الرنين تكون المفاعلة الحثية تساوي المفاعلة السعوية: $X_L = X_C$

$$\therefore 2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C} \rightarrow f^2 . 4\pi^2 LC = 1 \rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- في حالة المقارنة بين ترددي دائرتي رنين فإن:

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{L_2 C_2}{L_1 C_1}}$$

العوامل التي يتوقف عليها تردد الرنين في الدائرة المهتزة

الجذر التربيعي لسعة المكثف

$$\left(f \propto \frac{1}{\sqrt{C}}\right)$$

f(Hz)

$$Slope = \frac{\Delta f}{\Delta \frac{1}{\sqrt{C}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L}}$$

$\frac{1}{\sqrt{C}}(F^{-0.5})$

الجذر التربيعي لمعامل الحث الذاتي للملف

$$\left(f \propto \frac{1}{\sqrt{L}}\right)$$

f(Hz)

$$Slope = \frac{\Delta f}{\Delta \frac{1}{\sqrt{L}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C}}$$

$\frac{1}{\sqrt{L}}(H^{-0.5})$

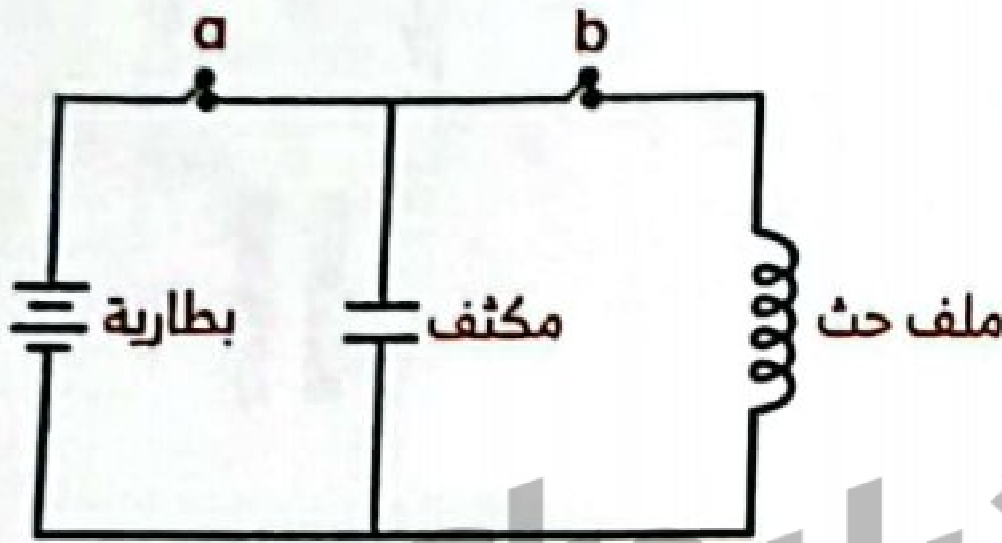
الدائرة المهتزة

الدائرة المهتزة

هي دائرة يحدث بها تبادل للطاقة المختزنة في ملف حث على هيئة مجال مغناطيسي والطاقة المختزنة في مكثف على هيئة مجال كهربي

عرف

الدائرة المهتزة



• **الاستخدام:**

تستخدم في أجهزة إرسال موجات اللاسلكي

• **التركيب:**

1- ملف حث له مقاومة صغيرة جداً. 2- مكثف.
3- مصدر تيار مستمر (بطارية). 4- مفتاحين (b،a).

شرح العمل:

1- نقوم بشحن المكثف عن طريق غلق المفتاح (a) وترك المفتاح (b) مفتوح، حيث يمر تيار لحظي في الدائرة ويُشحن المكثف حيث يشحن اللوح المتصل بالقطب الموجب بشحنة موجبة ويُشحن اللوح المتصل بالقطب السالب بشحنة سالبة، ويقف التيار بعد شحن المكثف ويتولد مجال كهربي بين لوحي المكثف يخزن الطاقة على هيئة طاقة كهربية (مجال كهربي).

2- نفتح المفتاح (a) فيظل المكثف مشحونًا، ثم نغلق المفتاح (b) فتعمل الدائرة كما يلي:

أ) يفرغ المكثف شحنته عبر الملف ويمر تيار كهربي لحظي من اللوح الموجب إلى اللوح السالب فيقل فرق الجهد بين لوحي المكثف حتى ينعدم ويتلاشى المجال الكهربي بينهما.

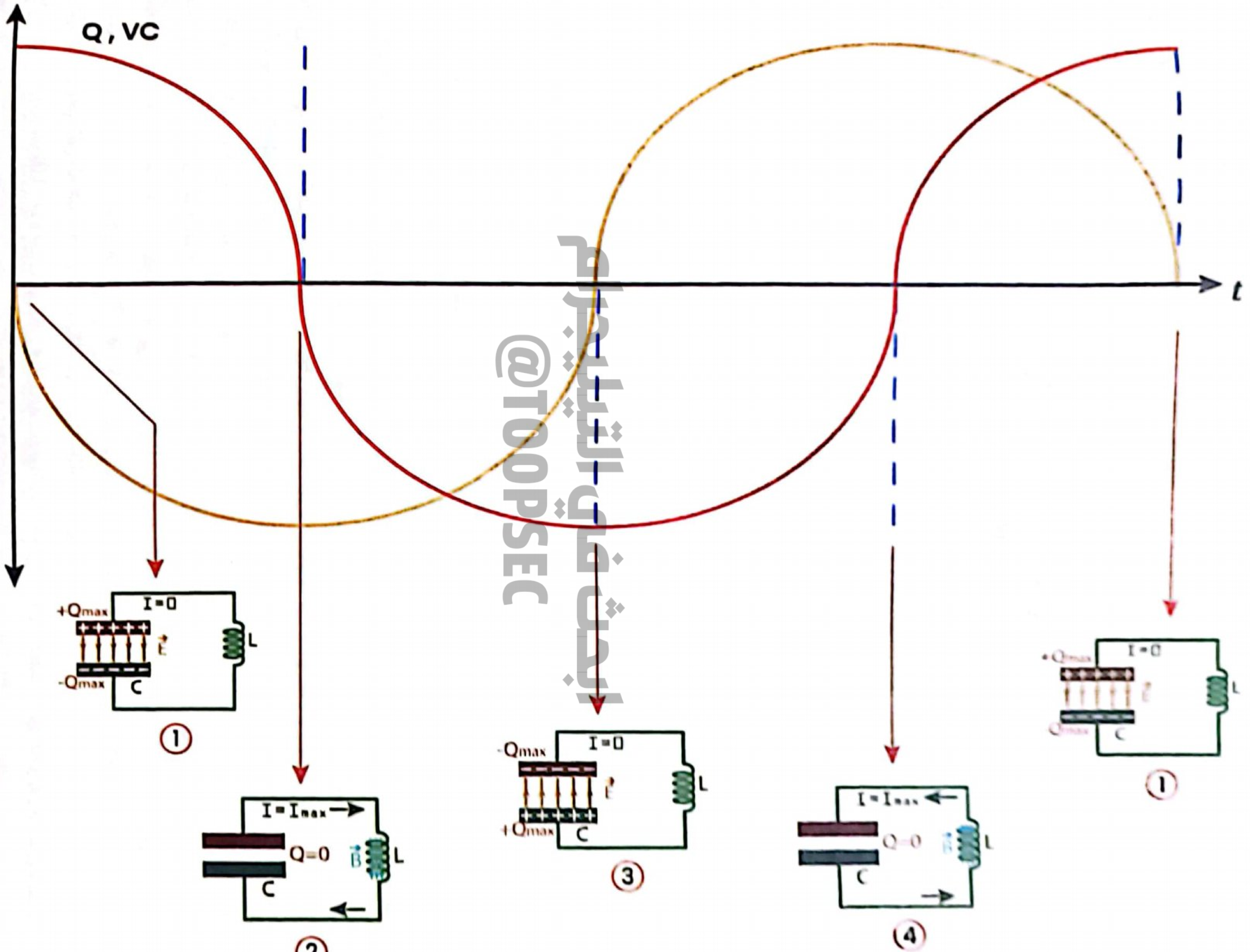
ب) التيار المار في الملف يولد مجالاً مغناطيسيًا يختزن الطاقة التي كانت في المجال الكهربي.

ج) في البداية (المكثف مشحون) يكون التيار مساوي للصفر و يكون معدل تغير التيار في الملف كبير لكبر فرق الجهد بين اللوحين (تتولد ق.د.ك مستحثة عكسية في الملف)، ثم يزداد التيار تدريجيًا وتزداد معه B ويصل التيار إلى قيمته العظمى عند وصول الشحنة على المكثف إلى الصفر ووصول المجال في الملف إلى قيمة عظمى B_{max} ($B \propto I$).

د) يبدأ التيار في التناقص و B في التناقص وبسبب هذا التناقص في شدة التيار يتولد في الملف بالحث الذاتي ق.د.ك مستحثة طردية وتيار مستحث ذاتي طردي فيتم سحب المزيد من الشحنات الموجبة من اللوح الذي كان موجبًا إلى اللوح الذي كان سالبًا؛ فيُشحن اللوح الذي كان موجبًا بشحنة سالبة ويشحن اللوح الذي كان سالبًا بشحنة موجبة، ويتولد بين اللوحين فرق جهد عكسي ويتولد مجال كهربي بينهما، ويقل التيار في الملف ويقل المجال المغناطيسي حتى ينعدم.

هـ) وعند وصول التيار للصفر يكون عندها $B = 0$ والشحنة على المكثف قيمة عظمى، وتتحول الطاقة المختزنة على هيئة مجال مغناطيسي إلى المكثف حيث تُخزن ثانيًا على هيئة طاقة كهربية.

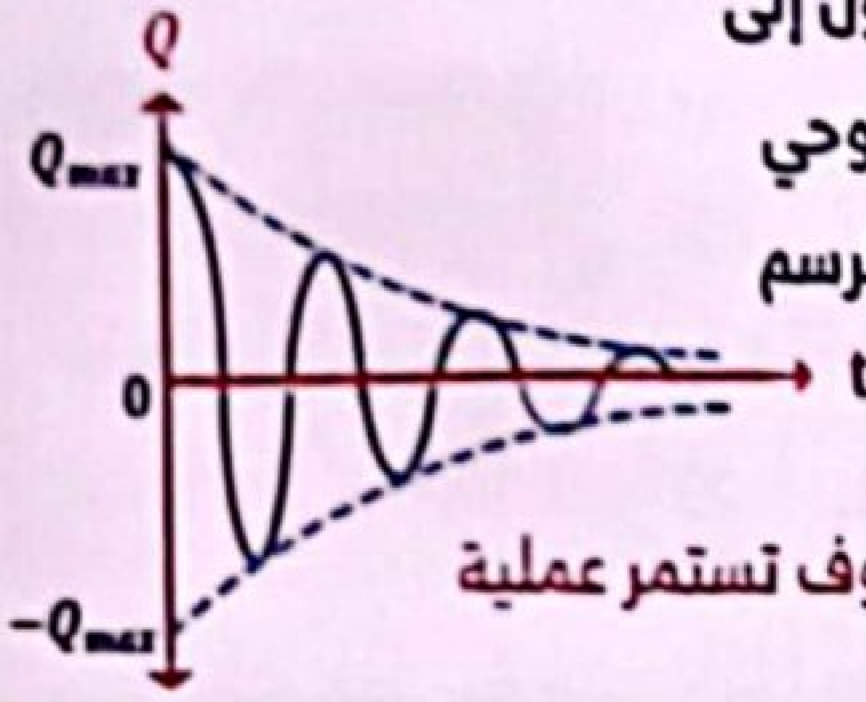
و) وبعد ذلك يأخذ المكثف مرة أخرى في تفريغ شحنته عكس اتجاه التفريغ الأول، وهكذا يتكرر التفريغ والشحن وتحدث اهتزازات كهربائية سريعة جدًا في الدائرة ويُلاحظ تبادل الطاقة باستمرار بين المجالين (الكهربي والمغناطيسي).



Q , VC
t
+Qmax
-Qmax
I=0
C
L
①
I=Imax
Q=0
②
③
④

ملاحظات:

نظرًا لوجود مقاومة في الملف والأسلاك الأخرى فإن جزء من الطاقة يتحول إلى حرارة تدريجيًا فتقل شدة التيار المتردد في الدائرة، ويقل فرق الجهد بين لوحي المكثف تدريجيًا إلى أن ينعدم ويتوقف الشحن والتفريغ وينعدم التيار، والرسم يوضح اضمحلال الشحنة على لوحي المكثف بمرور الوقت:



ولكن إذا أمكن تغذية المكثف بشحنات إضافية تعوض النقص باستمرار فسوف تستمر عملية الشحن والتفريغ.

معلومة إثرائية

غير مطالب به

- تُستخدم الدائرة المهتزة في الإرسال بطريقة نبسطها جدًا كما يلي:

1- نحدد التردد المراد إرسال المحطة الإذاعية به وليكن 106Hz.

2- نستخدم دائرة بها ملف يمكن التحكم في عدد لفاته ومكثف متغير السعة، ونتحكم في تردد الاهتزاز عن طريق التحكم في سعة المكثف أو معامل الحث.

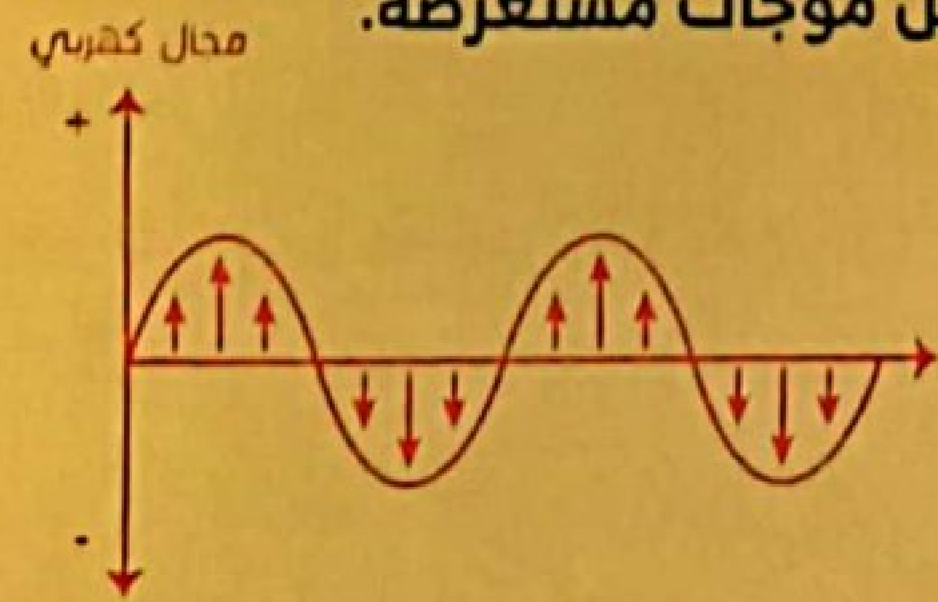
3- نغذي المكثف باستمرار حتى لا يضمحل الاهتزاز.

4- يتولد في الملفات ق.د.ك مستحثة متغيرة تأثراً بالملف "L1"

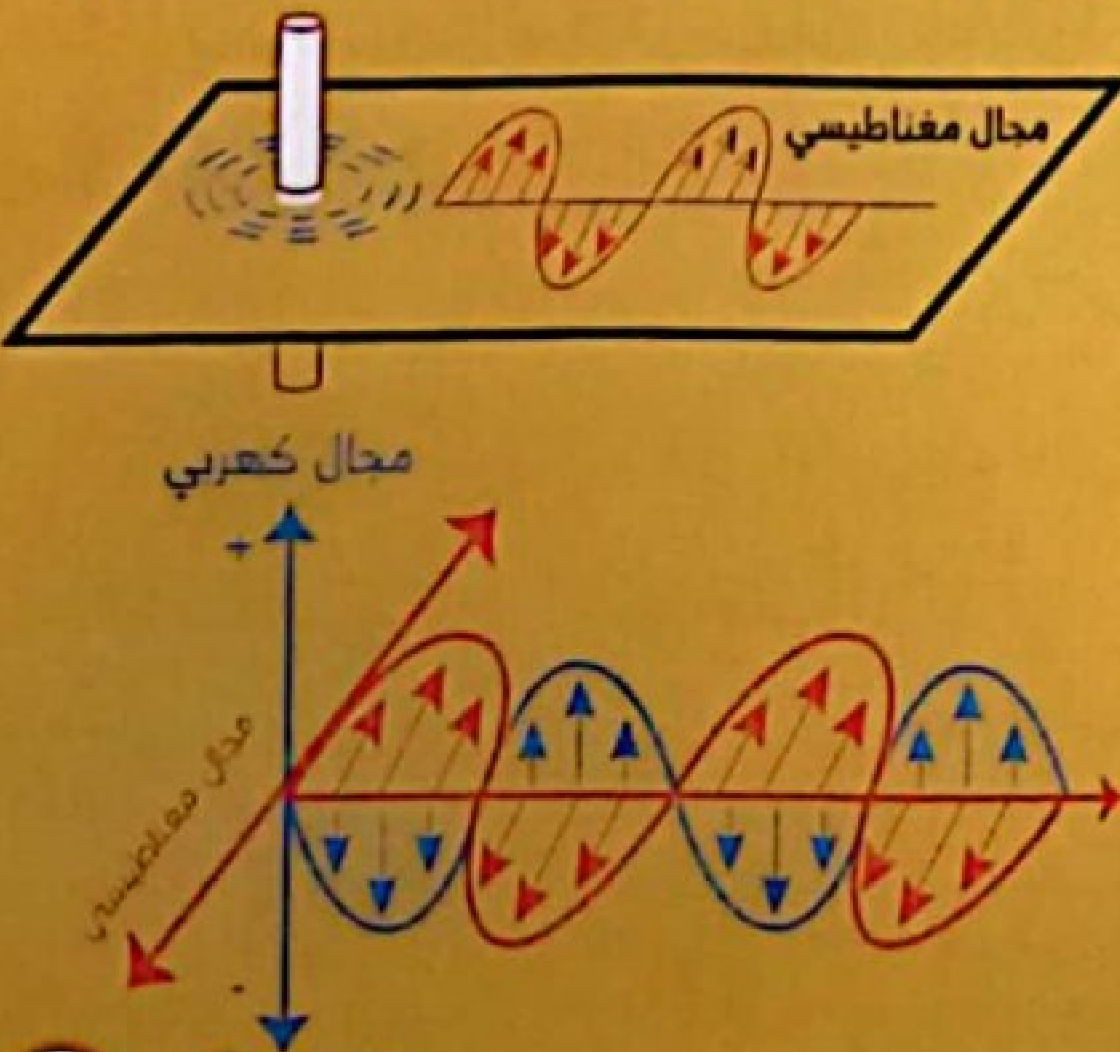
5- تتحرك الشحنات لأعلى ولأسفل في سلك الهوائي المستقيم.

- وينتج عن ذلك:

أ) الحركة الرأسية للشحنات في السلك تولد مجالًا كهربيًا يتذبذب رأسيًا على شكل موجات مستعرضة.



ب) يتولد حول السلك مجال على شكل دوائر متحدة المركز مركزها السلك ويكون هذا المجال متغير المقدار والاتجاه فينتشر في الهواء على شكل موجات مغناطيسية أفقية.



ج) وبذلك ينتشر في السلك مجال كهربي ومجال مغناطيسي يهتزان على شكل موجات كهرومغناطيسية.

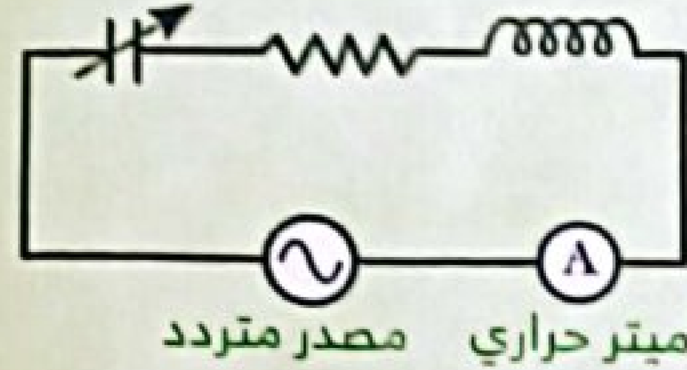
دائرة الرنين (التوليف)

دائرة الرنين

دائرة مهتزة تحتوي على مقاومة وملف ومكثف ومصدر متردد ولا تسمح إلا بمرور التيار الذي يتفق تردده مع ترددها أو يكون قريباً جداً منه

عرف

دائرة الرنين



الاستخدام:

تستخدم في أجهزة الاستقبال اللاسلكي وذلك لاختيار محطة الإذاعة المراد سماعها.

التركيب:

1- مكثف متغير السعة. 2- ملف حث مقاومته صغيرة ويمكن تغيير عدد لفاته.

3- مصدر تيار متردد يمكن تغيير تردده. 4- أميتر حراري.

توضيح طريقة العمل:

1- تُوصل الدائرة كما بالشكل.

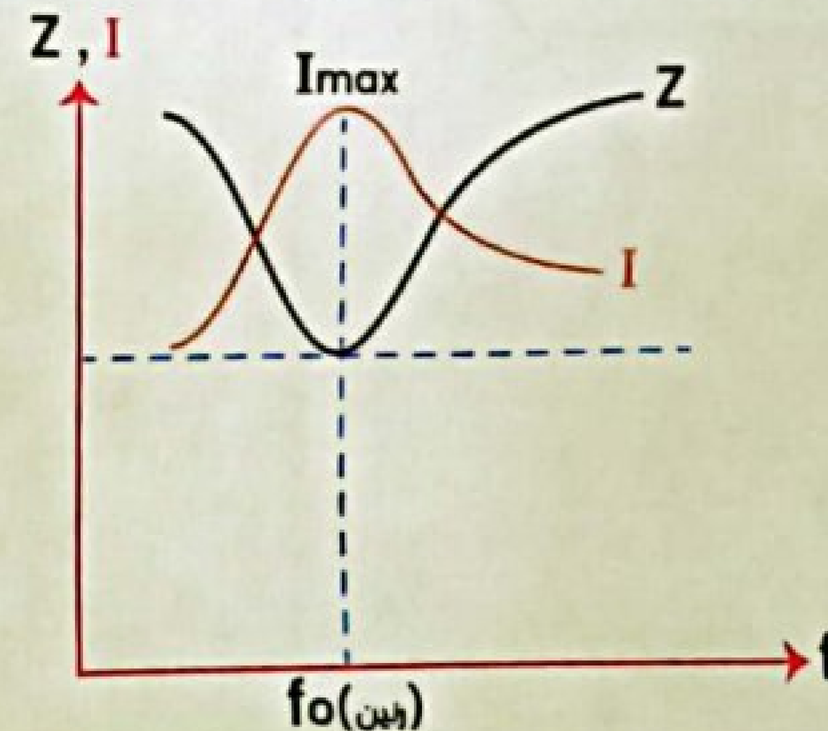
2- يمر التيار، ونغير تردد المصدر فتتغير شدة التيار كما يلي:

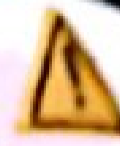
أ) عند الترددات المنخفضة تكون $X_L < X_C$ وتكون Z كبيرة ويكون التيار ضعيفًا.

ب) عند زيادة التردد تدريجيًا تقترب قيمة X_L من قيمة X_C (حيث يقترب تردد المصدر من تردد الدائرة) وتقل Z فيزداد I.

ج) عندما يتساوى تردد المصدر مع تردد الدائرة تتساوى X_L مع X_C وتكون Z أصغر ما يمكن حيث $Z = R$ فيكون I أكبر ما يمكن، وتكون الدائرة عندئذ في حالة رنين.

د) عندما يزداد تردد المصدر عن تردد الدائرة يقل التيار مرة أخرى حتى يزيد X_L عن X_C ($X_L > X_C$) فتزداد Z مرة أخرى.





ملاحظــــات!!

عند تغير تردد المصدر فإن شدة التيار تتغير بحيث تقل شدة التيار إذا كان الإختلاف كبير بين المصدر وتردد الدائرة ، وتزيد شدة التيار كلما اقترب تردد المصدر من تردد الدائرة وتكون شدة التيار اكبر ما يمكن عندما يتفق تردد المصدر مع تردد الدائرة أي في هذه الحالة المفاعلة الحثية تساوي المفاعلة السعوية.

نستطيع الوصول إلى حالة الرنين بثلاث طرق:

أ) التحكم في تردد المصدر. ب) التحكم في معامل حث الملف (كالتحكم في عدد لفاته).

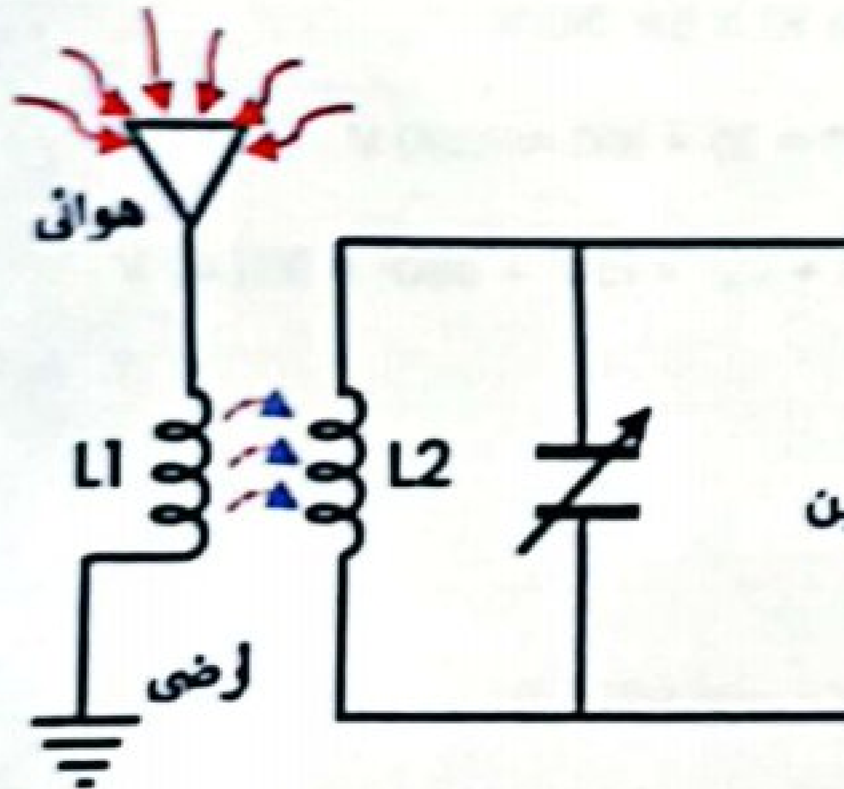
ج) التحكم في سعة المكثف (كالتحكم في سعة ألواحه).

يمكن تشبيه ما يحدث في دائرة الرنين بالرنين في الصوت فمثلا عندما يتساوى تردد شوكتين مهتزتين يقوى الصوت وعند اختلاف ترددهما يضعف الصوت.

مما سبق نستنتج:

إذا أثر في دائرة مهتزة مصادر كهربية مختلفة التردد في وقت واحد فإن الدائرة لا تسمح بالمرور إلا للتيار الذي يتفق تردده مع ترددها أو يكون قريبًا منه، وتُسمى هذه الدائرة المهتزة دائرة الرنين.

عمل دائرة الرنين في أجهزة الاستقبال اللاسلكي



1-تتصل دائرة الرنين في جهاز الاستقبال اللاسلكي بهوائي جهاز الاستقبال (الإيريال).

2- تصل الموجات الكهرومغناطيسية المرسلة من محطات الإذاعة المختلفة إلى الهوائي.

3- تكون موجات محطات الإذاعة المختلفة لكل منها تردد معين فتؤثر في الهوائي وتولد فيه تيارات لها نفس تردد المحطات تنتقل إلى دائرة الرنين في الجهاز عن طريق الحث المتبادل بين الملفين $L1$ ، $L2$.

4- لكن دائرة الرنين في جهاز الاستقبال تسمح فقط بمرور التيار الذي يتفق تردده مع تردد الدائرة.

5- وعندما تريد الاستماع إلى إذاعة معينة فإنك تغير من تردد الدائرة بتغيير سعة المكثف أو عدد لفات الملف، فيمر التيار الذي يتفق مع تردد الدائرة الذي تختاره.

6- ثم يمر التيار في جهاز الاستقبال ويخضع لعمليات معينة مثل التكبير والتقويم وفصل التيار المعبر عن الصوت الذي يمر في السماعة.

مثـــال

دائرة توالي بها مصدر متردد قوته الدافعة 130 فولت وتردده 50 Hz وملف حث طوله 25 cm ومساحة مقطعه $4\ cm^2$ يلف 50 لفة حول قالب نفاذيته 0.07 وبر/أمبير متر ومكثف سعته $\frac{22}{7}$ mf وسلك طوله 10 m ومساحة مقطعه $0.4\ cm^2$ والمقاومة النوعية لمادته 2×10^{-5} أوم متر ($\pi = \frac{22}{7}$) احسب كلاً من:

1- مقاومة السلك الأومية.
2- معامل الحث الذاتي للملف
3- المفاعلة الحثية XL
4- المفاعلة السعوية XC.
5- المعاوق Z
6- شدة التيار المار في الدائرة.
7- فرق الجهد عبر المقاومة (V1)
8- فرق الجهد عبر الملف (V2).
9- فرق الجهد عبر المكثف (V3)
10- فرق الجهد عبر الملف والمكثف (V4).
11- فرق الجهد عبر الملف والمقاومة (V6).
12- فرق الجهد الكلي في الدائرة (V5).
13- زاوية الطور
14- أين تقع زاوية الطور؟
15- أيهما سابق ، الجهد أم التيار؟
16- معدل الطاقة المستنفذة في الملف.
17- معدل الطاقة المستنفذة في المكثف.
18- معدل الطاقة المستنفذة في الدائرة كلها.
19- شدة التيار المار في الدائرة إذا استبدل المصدر المتردد بآخر مستمر له نفس emf
20- سعة المكثف التي تجعل الجهد والتيار في طور واحد.
21- معامل حث الملف الذي يجعل الجهد والتيار في طور واحد.
22- شدة التيار في الحالة السابقة عندما يكون الجهد والتيار في طور واحد.

1) $R = \frac{\rho e\, L}{A} = \frac{2 \times 10^{-5} \times 10}{0.4 \times 10^{-4}} = 5\ \Omega$

2) $L = \frac{\mu N^2 A}{L} = \frac{0.07 \times 50^2 \times 4 \times 10^{-4}}{25 \times 10^{-2}} = 0.28\ H$

3) $XL = 2\pi f L = 2\pi \times 50 \times 0.28 = 88\ \Omega$

4) $XC = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times \frac{7}{220} \times 10^{-3}} = 100\ \Omega$

5) $Z = \sqrt{R^2 + (XL - XC)^2} = \sqrt{5^2 + (88 - 100)^2} = 13\ \Omega$

6) $I = \frac{V}{Z} = \frac{130}{13} = 10\ A$

7) $V1 = I R = 10 \times 5 = 50\ V$

8) $V2 = I\, XL = 10 \times 88 = 880\ V$

9) $V3 = I\, XC = 10 \times 100 = 1000\ V$

10) $V4 = V3 - V2 = 1000 - 880 = 120\ V$

11) $V6 = \sqrt{V1^2 + V2^2} = \sqrt{50^2 + 880^2} = 881.42\ V$

12) $V5 = \sqrt{V1^2 + (V2 - V3)^2} = \sqrt{50^2 + (880 - 1000)^2} = 130\ V$

13) $\tan(\theta) = \frac{XL - XC}{R} = \frac{88 - 100}{5} = -2.4 \rightarrow \theta = -67.38^\circ$

14 , 15) تقع زاوية الطور في الربع الرابع. التيار يسبق الجهد (الدائرة لها خواص سعوية)

16 , 17) $PW_{ملف} = PW_{مكثف} = 0$

18) $PWt = PWR = I^2 R = 10^2 \times 5 = 500\ W$

19) $f = 0 \rightarrow XC = \infty \rightarrow Z = \infty \rightarrow I = 0$

20) $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \rightarrow 50 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(0.28 \times C)}} \rightarrow C = 3.6 \times 10^{-5}\ F = 36\ \mu F$

21) $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \rightarrow 50 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L \times \frac{7}{220} \times 10^{-3})}} \rightarrow L = 0.318\ H$

مثال

دائرة تحتوي على ملف معامل حثه الذاتي 0.04 H ومكثف سعته 25 μF ومقاومة 1 Ω متصلين على التوالي بمصدر متردد جهده 30 V وتردده يساوي التردد الطبيعي للدائرة (أي تعتبر حالة رنين)، احسب:

1- شدة التيار المار في الدائرة.

2- فرق الجهد عبر كل من الملف والمكثف، وماذا تستنتج؟

1) $I = \frac{V}{R} = \frac{30}{1} = 30\ A$

2) $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.04 \times 25 \times 10^{-6}}} = 159.16\ Hz$

$V_L = I X_L = I \times 2\pi f L = 30 \times 2\pi \times 159.16 \times 0.04 = 1200\ V$

$V_C = I X_C = I \times \frac{1}{2\pi f C} = 30 \times \frac{1}{2\pi \times 159.16 \times 25 \times 10^{-6}} = 1200\ V$

الفصل الأول

الفصل الثاني

الفصل الثالث

الفصل الرابع

إذا ضـــاقتِ الأرضُ بـــالأمنياتِ.. فصـــــدرُ السماءِ لها أوســـــعُ

01026221725 الدعم الفنى للمنصة (واتساب فقط)

www.abdelmaaboud.com

Fb.com/maelmaaboud

@Mr.Mohamed Abdelmaaboud